351F

財団法人 全国椎茸普及会
菌蕈研究所

研究報告

第1号
昭和36年11月

REPORTS
OF THE
TOTTORI MYCOLOGICAL INSTITUTE

No. 1
November, 1961

財団法人全国椎茸普及会
菌蕈研究所
発行
PUBLISHED BY
THE TOTTORI MYCOLOGICAL INSTITUTE
Japan Shiitake-Mushroom Association
Tottori, Japan

THE TOTTORI MYCOLOGICAL INSTITUTE
JUL 1963

菌蕈研究所研究職員

所　　長　　農学博士　理学博士　平　塚　直　秀
副 所 長　　農学博士　橋　岡　良　夫
副 所 長　　工学士　河　合　　弥

第1研究室　橋岡良夫(長), 木村助二, 武丸恒雄
　　小松光雄, 有田都夫, 平塚利子
第2研究室　松本由次(長), 山本雅巳, 滝田博康
　　西尾弘幸
第3研究室　河合　弥(長), 石川久雄, 河合　晃
　　原　定信

Staff of
The Tottori Mycological Institute

Director

Naohide HIRATSUKA, B. Agr., D. Agr., D. Sc.

Vice-directors

Yoshio HASHIOKA, B. Sc., D. Agr.　　Wataru KAWAI, B. Eng.

Researchers

Yoshio HASHIOKA, B. Sc., D. Agr.
Yoshitomo MATSUMOTO, B. Forestr.
Hisao ISHIKAWA, B. Agr., D. Agr.
Akira KAWAI, B. Sc.
Toshiko HIRATSUKA, B. Agr., M. Sc., D. Sc.
Masami YAMAMOTO, B. Agr.
Yukihiro NISHIO, B. Agr.
Wataru KAWAI, B. Eng.
Katsuji KIMURA, B. Agr., D. Sc.
Tsuneo TAKEMARU, B. Sc., D. Sc.
Mitsuo KOMATSU, B. Sc.
Ikuo ARITA, B. Agr.
Hiroyasu TAKITA, B. Agr.
Sadanobu HARA, B. Agr.

All communications relating to this publication should be addressed to the Director, the Tottori Mycological Institute, 82-1, Tomiyasu, Tottori-city, Pref. Tottori, Japan.

発 刊 の 辞

財団法人全国椎茸普及会は，シイタケその他の有用キノコ類の栽培・乾燥法などの技術指導と，これに関連する各種の研究調査および技術者の養成などの諸事業を通じ，地方農山村の経済更正と社会文化の発展に寄与することを目的として活動している特殊な財団であります。

菌蕈研究所は本財団でもっとも力を注いで運営されている研究調査機関でありまして，主として，有用キノコ類の栽培技術に直接関連する調査研究と，あわせてキノコ類のみならず菌類全般に関する各種の基礎研究を行なっております。

本研究所は，現在3研究室をもっております。第1研究室（研究室長　橋岡良夫）は，キノコ類の遺伝・育種に関する研究を担当，目下は主として，1）キノコ類の不ねん現象の遺伝，2）有用キノコ類の原種菌の育種，3）有用キノコ類の種菌培養中に発生する雑菌の調査などを行なっております。第2研究室（研究室長　松本由友）は，有用キノコ類の実地栽培技術に直接関連のある調査研究を担当，目下は主として，1）害菌，害虫の生理・生態・分類ならびにそれらの防除法に関する研究調査，2）シイタケの榾木に関する研究調査，3）キノコ類の分類学的研究などを行なっております。第3研究室（研究室長　河合　弥）は，キノコ類の生理・生態学的研究ならびに各種資料の統計的処理を担当し，目下主として，1）キノコ類の生長・生殖の養分関係の研究，2）キノコ類の呼吸生理に関する研究　ならびに　3）主要シイタケ生産地域の気象などの環境と栽培管理法の統計学的調査研究などを行なっております。

なお，近く，第4研究室を設け，キノコ類のみならず菌類全般の分類学的研究を行なうとともに，菌類標本の整理保存に力を注ぎ，菌類標本室の完備を期しています。

本報告は，本研究所において行なった研究調査成果のうち，一応，まとまった主な業績のみを10篇にとりまとめ，研究報告第1号として印刷に付したものであります。これらの研究調査報文はいずれも有用キノコ類の栽培上裨益するところが多いのみならず，学術上重要な研究業績であると信じます。

昭和 36 年 11 月 1 日

財団法人全国椎茸普及会 菌蕈研究所長

平　塚　直　秀

目　次

頁

橋岡良夫・小松光雄・有田郁夫：木材をおかす帽菌類の拮抗菌としての *Trichoderma viride*. I. シイタケ菌糸の培養榊木上に発生する *Trichoderma viride* の生理，生態（英　文）. …… 1

橋岡良夫・石川久雄・小松光雄・有田郁夫：木材をおかす帽菌類の拮抗菌としての *Trichoderma viride*. II. 帽菌類に対する *Trichoderma viride* の抗菌性物質の生産（英　文）. …… 9

木村勘二・藤生みさ子：帽菌類の異常子実体の研究. I. ウシグソヒトヨの不開傘子実体（英　文）. …… 19

河合　弥・河合　晃：シイタケ乾燥におけるニエツキ生成の条件. …… 29

石川久雄・河合　晃・渡辺　計・沖　妙：シイタケ菌による木材主要成分，特にリグニンの分解について. …… 35

小松光雄：変温環境ならびに子実体形成過程におけるシイタケ菌糸の形態的変化. …… 45

武丸恒雄：菌類の遺伝学的研究. IX. シイタケの交配系. …… 61

雑　報

橋岡良夫・小松光雄・有田郁夫：交雑によって得られたシイタケ子実体の形態学的ならびに生理学的形質. …… 69

松本由友・渡辺　章：陽光の直射によるシイタケ榊木内温度の変化について. …… 85

松本由友・西尾幸弘：人工庇陰内におけるシイタケ榊木伏込地の地上高別温湿度の変化について. …… 92

Contents

Page

HASHIOKA, Y., M. KOMATSU & I. ARITA: *Trichoderma viride*, as an antagonist of the wood-inhabiting Hymenomycetes. I. Ecology and physiology of *Trichoderma* occurring on the log-wood of *Lentinus edodes*. 1

HASHIOKA, Y., H. ISHIKAWA, M. KOMATSU & I. ARITA: *Trichoderma viride*, as an antagonist of the wood-inhabiting Hymenomycetes. II. A metabolic product of *Trichoderma* fungistatic to the Hymenomycetes. 9

KIMURA, K. & Misako FUJIO: Studies on abnormal fruit-bodies of the Hymenomycetous fungi. I. Undeveloped fruit-bodies of *Coprinus macrorhizus* f, *microsporus*. 19

KAWAI, W. & A. KAWAI: Studies on *Nietsuki* production during the drying of fruit-bodies of *Lentinus edodes* (BERK.) SING. 29

ISHIKAWA, H., A. KAWAI, H. WATANABE & Tae OKI: Studies on the biochemical degradation of wood-components, with special reference on lignin by *Lentinus edodes* (BERK.) SING. 35

KOMATSU, M.: Morphological characters of the hyphae of *Lentinus edodes* (BERK.) SING., grown under the fluctuated temperatures and those during fruiting. 45

TAKEMARU, T.: Genetical studies on fungi. IX. The mating system in *Lentinus edodes* (BERK.) SING. 61

HASHIOKA, Y., M. KOMATSU & I. ARITA: Morphological and physiological characters of hybrid fruit-bodies in *Lentinus edodes*. 69

MATSUMOTO, Y. & A. WATANABE: On the variation of temperature of inner part of bed-log of *Lentinus edodes* by direct sunlight. 85

MATSUMOTO, Y. & Y. NISHIO: On the variation of temperature and humidity at different height above the ground in bed-log nursery of *Lentinus edodes* under artificial shade. 92

Trichoderma viride, as an Antagonist of the Wood-inhabiting Hymenomycetes. I

Ecology and physiology of *Trichoderma* occurring on the log-wood of *Lentinus edodes**

Yoshio HASHIOKA, Mitsuo KOMATSU and Ikuo ARITA

I Introduction

It was found by the authors that *Trichoderma viride* PERS. ex FR., the well-known cosmopolitic soil fungus, is of major importance as the injurious inhabitant in the log-woods, *i.e.*, the cut stems of *Quercus*, *Shiia*, etc., which are employing for cultivation of 'Shiitake', *Lentinus edodes* (BERK.) SING., the most important edible mushroom in Japan. Control of *Trichoderma* on the log-wood, therefore, is an important problem for production of 'Shiitake'.

In the present paper, the general observation on the occurrence of *Trichoderma* on the log-wood, and the life-history as well as physiological characters of the fungus under consideration, are stated. Before going further, the authors express their sincere thanks to Dr. K. TSUBAKI, Institute for Fermentation, Osaka, for his suggestion concerning identification of *Trichoderma*, and to Dr. JOAN M. DINGLEY, Department of Scientific and Industrial Research, New Zealand, for her kind instruction of the species determination of *Hypocrea*.

II Occurrence of *Trichoderma* on log-wood of 'Shiitake'

In general, contamination of the different injurious fungi to the log-wood is more influential on the Shiitake mycelia when it is taken place at the incipient stage of hyphal development of Shiitake than at the later. Nevertheless, the infection of *Trichoderma* on the log-wood occurs usually rather at the later stage of hyphal development of Shiitake, infection being recognizable by browning of hyphal thread of Shiitake. Under the moist and warm weather from June to July in Japan, *Trichoderma* appears at first as a white hyphal patch at the lenticels, cracks of bark, wound point or cut-surface of the log. Then the hyphal patch becomes dark green from the centre to the border accompanied by more or less zonate sporulation. The deep green mould extends soon here and there on the log-wood. At the late summer, the ascigenial stage of the fungus, *Hypocrea*, appears among some of the conidial colonies. So far as the authors' survey on ascigenial stage is concerned, at least two species of *Hypocrea* can be discriminated as will be stated later. In forcing culture under glass or vinyl, the ascigenial stage appears usually at the late spring after the log-wood left under the open air. In any case, stroma develop on the part of log-wood exposed to the direct sunlight and rain.

A brown zone-line appears usually on the log-wood between the hyphal thread of Shiitake

* Contributions from the Tottori Mycological Institute. No. 1.

and that of *Trichoderma*, though such a zone-line is of temporary one, and sometimes the hyphal threads of Shiitake are invaded by *Trichoderma* without the zone-line. The wood in which Shiitake hyphae are killed by *Trichoderma*, becomes naked due to disorganization of the bark. (Fig. 1)

III Species of *Trichoderma* and *Hypocrea* occurring on log-wood

The conidial stage Occurrence of the conidial stage is more common than that of the ascigenial. The conidial stage is determined as the typical *Trichoderma viride* PERS. ex FRIES by its divaricate conidiophores with 2~3-fid, a single head of conidial mass on each tip, and the globose or ellipsoid conidia of 2.5~3.0 μ which becomes green with age. In culture, chlamydospores (8~15 μ in diam.) born acrogenously on the hyphal tip. Several isolates from different localities could not be separated morphologically among each other, though certain fluctuations in colour and shape of hyphal threads as well as sporulation were recognizable.

The ascigenial stage So far as the authors' collections up to the present are concerned, two distinct species, *Hypocrea schweinitzii* and *H. lactea*, are recognized, the former being more common than the latter.

Hypocrea schweinitzii (FR.) SACCARDO, Syll. Fung. **2** : 522, 1883.

Syn. *Hypocrea contorta* (SCHW.) BERK. et CURT., Grev. **4** : 14, 1875.

Stroma scattered, limited in number, discoid, lenticular, undulate, 4~12 mm in diam., 1.2~2.0 mm thick, olivaceous brown when young, then turn buff brown and black when mature and dry, margin free and greyish white when fresh, usually smooth but often slightly wrinkled when dry, incurved, centrally attached to bark, punctate with projecting ostioles, lustreless when young, but slightly lustred when mature. Pseudoparenchyma at the section is white.

Perithecia globose when young, oval or oblong when mature, 100~140×70~105 μ, immersed in superficial zone of stroma, ostiole 60–70 μ, papillate, perithecial wall pigmented to yellowish brown. Asci cylindrical, truncate at the apex, 60~70×4.5~5.5 μ with 16 unicellular part-spores, uniseriate. Part-spores globose or cuboid, 3–4.5 μ in diam., hyaline to light olive-green, contain a oil globule.

Hab. On dead log-wood of *Quercus serrata* (*Ko-nara*). Under the experimental conditions, the stroma developed also on the log-wood of *Q. acutissima* (Kunugi) and *Carpinus laxiflora* (Aka-shide).

This species appears usually in association with *Trichoderma*-stage and the stromatis at the incipient stage are covered with conidia. DINGLEY (1957) noted the development of the typical *Trichoderma viride* in culture which was originated from the stroma of this species. The same was the case of the experiments of the present authors. DINGLEY (1952) pointed out that *H. schweinitzii* is characterized by its thin lenticular stroma, usually dark coloured with free thin margins, and *H. contorta* (SCHW.) BERK. et CURT. is the synonym of the present species. YASUDA (1914, 1923) reported the occurrence of *H. contorta* in association with *Trichoderma*-stage on the wood of *Pinus densiflora* (Aka-matsu) in Japan, and named the fungus in Japanese, 'Kuro-botan-take' which means a black button mushroom.

Hypocrea lactea FRIES, Summa Veg. Scand., 383, 1849; PETCH, Jour. Bot. **75** : 217~231, 1937.

Syn. *Hypocrea citrina* (PERS.) FR., Summa Veg. Scand., 383, 1849.

Stroma effuse, applanate, 4~8 mm in diam., 0.4~0.6 mm in thickness, yellowish brown, ochraceous,

buff brown, margins thin and white when young but the margins disappear with age, often byssoid and confluent with other stromata, spreading over surface of substratum reaching to 1 cm in length, surface punctate with amber coloured perithecia.

Perithecia oval, globose, 180~200 μ in diam., often 90~190 μ, light brown, ostiole more or less papillated above the surface of stroma. Asci long cylindrical, hyaline, 70~80×4.5~4.8 μ, with uniseriate 16 part-spores. Upper part spore cuboid or globose, 3.0~3.5 μ in diam., and lower oval and slightly edged, 3.0~3.5×3.5~3.8 μ, slightly olive green in colour.

Hab. On dead log-wood of *Quercus serrata*.

Trichoderma stage appears on the agar media soon after the tissue isolation of stroma. According to DINGLEY'S communication to the present senior author, this species occurs on *Nothofagus* logs in New Zealand, and cultures from this material have yielded *Trichoderma*. YASUDA (1919) reported the occurrence of *H. citrina* (PERS.) FR. on bark in Japan, and proposed the Japanese name 'Kibotan-take', *i.e.*, yellow-button-mushroom.

IV Temperature in relation to conidial germination and hyphal growth

A strain of *Trichoderma viride* originated from tissue isolation of the stroma of *Hypocrea schweinitzii* on a log-wood was employed for the present experiments.

Germination of conidia The conidia born on 2% potato agar after 10 days of culture, were sown on a agar plate of the same medium, and then they were incubated at the different temperatures. Percentage of germinated conidia was counted at the different intervals of time as shown by Fig. 1.

OSHIMA (1960) stated that the conidia of *Trichoderma lignorum* isolated from soil germinated vigorously at 20~35°C, especially at 30°C, but not germinated at 40°C within 24 hrs. While our strain originated from *Hypocrea schweinitzii* germinated quite vigorously even at 45°C within 30 hrs.

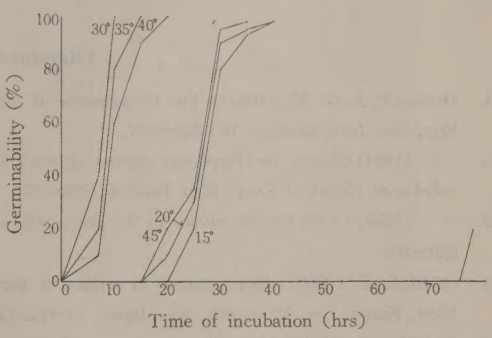


Fig. 1. Time-temperature relation of germinability of conidia of *Trichoderma viride*

Hyphal extension A piece of hyphae of 10-day-culture was cut at 5mm in diam., and transferred to a 2% sucrose potato agar plate in a petri dish. Previous to incubation at the different temperatures, all the dishes were kept similary at 25°C for 24 hrs. for the sake of uniform start of hyphal extension. After such pre-treatment, the dishes were incubated for 2 days under the required temperatures and darkness.

V Conclusive summary

1. *Trichoderma viride* PERS. ex FR. is an injurious invader in the log-wood of *Quercus serrata* wich employing for cultivation of 'Shiitake' mushroon, *Lentinus edodes* (BERK.) SING.

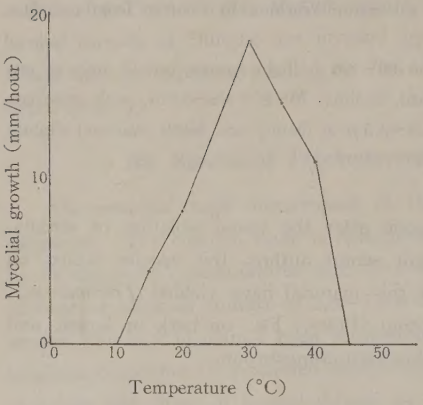


Fig. 2. Temperature relation to hyphal growth of *Trichoderma viride*.

2. *Trichoderma* invades into the log-wood rather at the later stage of hyphal development of *L. edodes*, but the latter is affected severely by the former, the zone-line between the two being recognizable temporarily in usual.

3. Among the ascigenial fruiting bodies occurring on the *Trichoderma*-affected log-woods, at least two distinct species, *i.e.*, *Hypocrea schweinitzii* (FR.) SACC. and *H. lactea* (PERS.) FR., are recognizable, the former being more common than the latter. The conidial stage, *T. viride* type, occurs easily on the agar media by the tissue isolation of the stroma, though the morphological difference of the conidial stage originated from different species of *Hypocrea* could not be found.

4. The conidia of *T. viride* originated from *H. schweinitzii* germinate in dist. water at 100% within 10, 15 and 20 hrs. at 30°C, 35°C and 40°C, respectively, and more than 95% within 35 and 40 hrs. at 45°C, and 20°C or 15°C, respectively. The minimum, optimum and maximum temperature for hyphal extension of the same fungus is 10°C, 30°C and ca, 45°C, respectively.

Literature cited

1. DINGLEY, JOAN M. (1952): The Hypocreales of New Zealand. III. The genus *Hypocrea*. Transact. Roy. Soc. New Zealand. **79**: 323~337.
2. —— (1954): Notes on *Hypocrea citrina* (PERS.) FR., *H. lactea* FR., *H. pulvinata* FCL. and *H. sulphurea* (SCHW.) SACC. Kew Bull. **4**: 575~578.
3. —— (1957): Life history studies in the genus *Hypocrea* FR. Transact. Roy. Soc. New Zealand. **84**: 689~693.
4. OSHIMA, T. (1960): Environments in relation to germination of conidia of *Trichoderma lignorum*. Abst. Meet. Kansai Div. Phytopath. Soc. Japan. 13~14. (*In Japanese*).
5. YASUDA, A. (1914): Miscellaneous notes on Japanese fungi. *Hypocrea lenta* (TODE) BERK. et BROOM. Bot. Mag. Tokyo. **28**: 39. (*In Japanese*).
6. —— (1919): *Ibid.*, *Hypocrea citrina* (PERS.) FR. Bot. Mag. Tokyo. **33**: 168. (*In Japanese*).
7. —— (1923): *Ibid.*, *H. contorta* (SCHW.) BERK. et CURT. Bot. Mag. Tokyo. **37**: 203. (*In Japanese*).

Explanation of plates

PLATE I

Fig. 1. The endodermis of *Quercus serrata* log in which hyphae of *Lentinus edodes* have been disorganized due to invasion of *Trichoderma* originated from *Hypocrea schweinitzii*..

Fig. 2. Conidia of *Trichoderma viride* born on the dead bark of *Q. serrata*.

Fig. 3. & 4. Germination of conidia of *T. viride* on potato agar.

Fig. 5. Conidial mass of *T. viride* born on aerial hyphae on potato agar.

Fig. 6. Water drops among the cluster of aerial hyphae of *T. viride* on potato agar.

Fig. 7. & 8. Hyphae of *T. viride* originated from *H. schweinitzii* on the surface of potato agar.

PLATE II

Fig. 1. Young pale green stromata of *Hypocrea schweinitzii* born among the conidial cluster.

Fig. 2. Mature blackish brown stromata of *H. schweinitzii* on the cut-surface of the log of *Quercus serrata*.

Fig. 3. Mature stromata of *H. schweinitzii* on the bark of *Q. serrata* log.

Fig. 4. Longitudinal section of perithecia of *H. schweinitzii*.

Fig. 5. Ascospores and asci of *H. schweinitzii*.

Fig. 6. Hyphal development of *T. viride* originated from *H. schweinitzii* on potato agar after 48 hrs. at 20°C.

Fig. 7. Do. at 30°C.

Fig. 8. Do. at 40°C.

和 文 摘 要

木材をおかす帽菌類の拮抗菌としての *Trichoderma viride*

I. シイタケ菌糸の培養榾木上に発生する *Trichoderma viride* の生理，生態

橋 岡 良 夫，小 松 光 雄，有 田 郁 夫

1. シイタケ菌糸を培養する榾木に寄生し，シイタケ菌糸の発育を阻害する *Trichoderma viride* の生理，生態とシイタケ菌糸に及ぼす影響について観察した。

榾木上に現われる本菌の完全時代は *Hypocrea schweinitzii* と *H. lactea* の 2 種が観察され，*H. schweinitzii* は子座の組織分離培養によって現われる *Trichoderma viride* 型分生胞子時代と，榾木上のそれとは一致したが，*Hypocrea lactea* の榾木上の分生胞子時代は確認出来なかった。

2. *Hypocrea schweinitzii* から得られた *Trichoderma viride* の分生胞子は 10～45°C で発芽し，30～40°C でよく発芽した。菌糸の発育は 30～35°C でもっともよく，寒天培養基上では 1 時間に 14～18 mm であった。

3. 榾木の中ではシイタケ菌糸と *Trichoderma viride* 菌糸との接触部に褐色又は淡褐色の帯線が形成され，寒冷時においては，この帯線の移動は認められないが，高温時になるとシイタケ菌糸蔓延部に侵入し，シイタケ菌糸を殺し，新たな場所に帯線が形成される。

Plate I

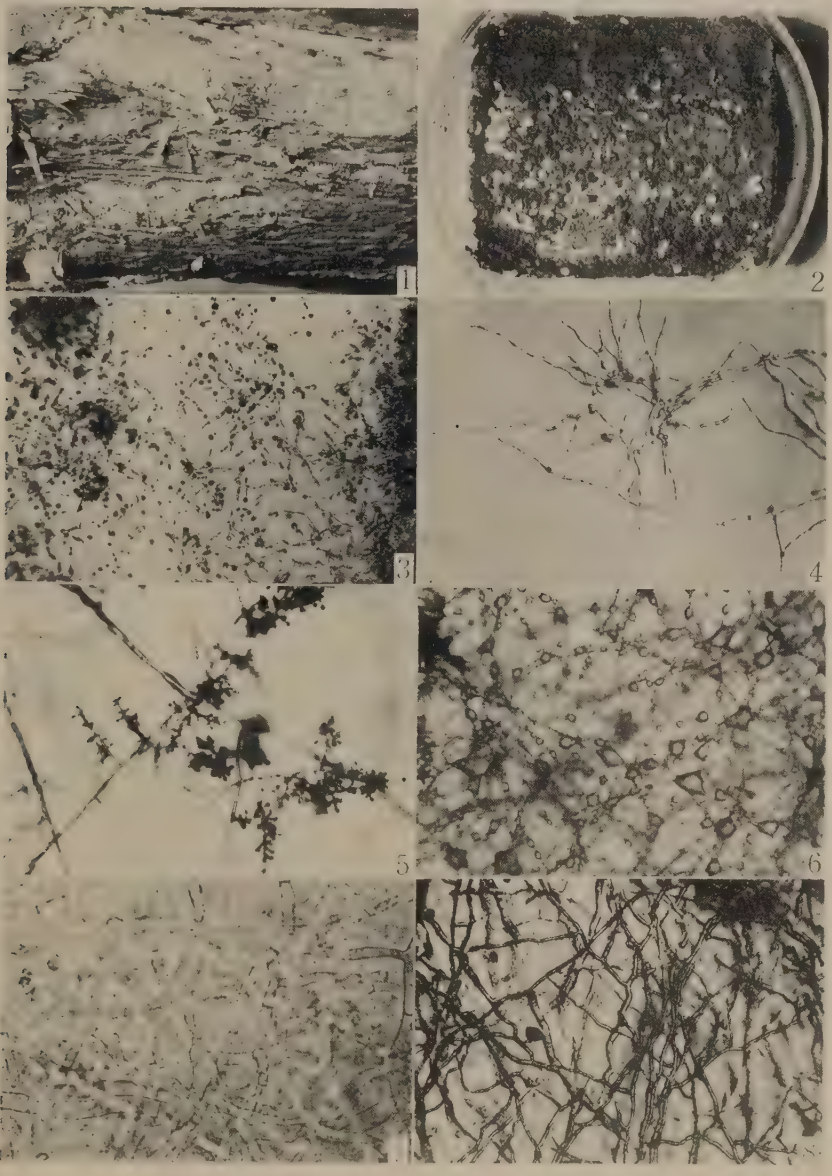
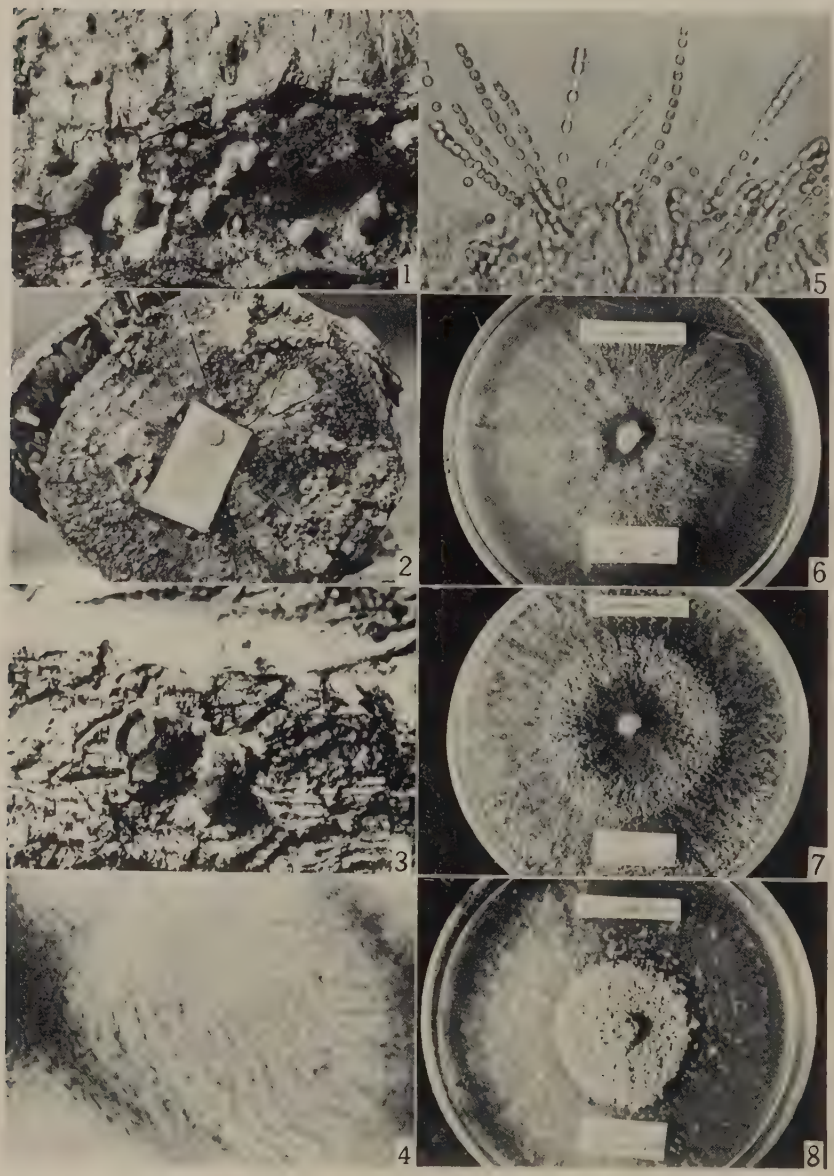


Plate II



Trichoderma viride, as an Antagonist of the Wood-inhabiting Hymenomycetes. II

A metabolic product of *Trichoderma* fungistatic to the Hymenomycetes*

Yoshio HASHIOKA, Hisao ISHIKAWA, Mitsuo KOMATSU and Ikuo ARITA

I Introduction

Most of the different wood-destroying hymenomycetous fungi which are injurious to cultivation of *Lentinus edodes* (BERK.) SING. (Shiitake), produce a zone-line which is brown, cinnamon brown or black in colour at the boundary of hyphal extension of the former and the latter in the log-wood. Usually such a zone-line is not transferred due to environmental conditions. Between *Lentinus edodes* and *Trichoderma viride* on the log-wood, however, formation of zone-line is limited only under the conditions unfavourable for the development of the latter, such as low temperatures for a long period. Under the conditions favourable for *Trichoderma*, its hyphae extend rapidly and cover the hyphal threads of *Lentinus edodes* without formation of zone-line, irrespective of the infection of the former to log-wood is primarily or secondarily, the latter contamination of log-wood being the ordinary case under the natural conditions.

In the present paper, experiments on antagonistic phenomenon between *Trichoderma viride* and the different wood-inhabiting hymenomycetes including *Lentinus edodes*, and on the antifungal action of a metabolic product of *T. viride*, are included.

II Antagonism between the wood-inhabiting Hymenomycetes and *Trichoderma*

Antagonistic phenomenon between *Trichoderma* and *Lentinus edodes* as well as certain wood-destroying hymenomycetous fungi occurring on the Shiitake log-wood, were confirmed by means of plate culture. 15-day-culture on potato sucrose agar plate of *L. edodes* and other 12 spp. of wood-inhabiting fungi which are shown by Table. 1, were transferred to the same agar plate in a petri-dish, and incubated at the temperatures optimum for the respective fungus.

When the hyphae extend to ca. 80% in area of the agar plate, a piece of hyphae of *Trichoderma viride* type which originated from *Hypocrea schweinitzii*, and cultured previously on the similar agar medium for 10 days, was put on the place 1 cm distant from the margin of hyphal thread of the test fungi so as to stand opposed each other, than the dish was further incubated at the desired temperatures.

As shown by the table, among 13 fungi tested, the following six, *i.e.*, *Lentinus edodes*, *Stereum hirsutum*, *S. roseo-carneum*, *S. gausapatum*, *Cyclomyces tubacinus*, *Cryptoderma citrinum*, were completely affected by *Trichoderma*. The hyphae of *Trichoderma* developed

* Contributions from the Tottori Mycological Institute. No. 2.

Table 1. Antagonistic action of *Trichoderma viride* to the different wood-inhabiting hymenomycetous and other fungi in culture.

Fungi tested	Temperature	Growth of *Trichoderma* after 2 days	5 days	15 days
Lentinus edodes	25°C	+++++	+++++	+++++
Stereum roseo-carneum	30	+++++	+++++	+++++
S. gausapatum	30	+++++	+++++	+++++
S. hirsutum	25	+++++	+++++	+++++
Cyclomyces tabacinus	25	+++++	+++++	+++++
Cryptoderma citrinum	30	+++++	+++++	+++++
Coriolus versicolor	25	+++	++	±
C. consors	25	++	+	−
Lenzites betulina	25	+++	+	±
Trametes sanguinea	30	++	+	−
Schizophyllum commune	30	+++	+	−
Hypoxylon annulatum	25	+++	+	−
Steccherinum ochraceum	30	−	−−	−−−

+++++ *Trichoderma* predominated initialy and covered the hyphal thread of the opposed fungi, and sporulated freely.

+++ *Trichoderma* predominated initialy, but repression of the hymenomycetous hyphae was not distinct.

++ *Trichoderma* invaded slightly into the hyphal threads of the opposed fungi forming a zone line.

± *Trichoderma* ceased its growth at the zone-line.

− *Trichoderma* could not inhibited the hyphal development of the opposed fungi.

in close contact with and coiled around those of the former fungi as noted by WEINDLING (1932) in certain soil fungi, and sporulated over the hyphae of the Hymenomycetes employed. The hyphae of the Hymenomycetes just over the medium became to be plasmolysed and paler in colour or transparlent, and the aerial hyphae were also shrivelled due to plasmolysis. In *Coriolus versicolor* and *Lenzites betulina*, the hyphae were firstly ceased their growth at the margin of the thread and became transparent. Then the test Hymenomycetes and *Trichoderma* both ceased their growth at the distinct brown zone-line.

The following four, *i.e.*, *Coriolus consors*, *Trametes sanguinea*, *Schizophyllum commune*, and *Hypoxylon annulatum*, were affected at first by the similar manner as in the just former two fungi, namely, *Coriolus versicolor* and *Lenzites betulina*, but later grew further covering the hyphae of *Trichoderma*. In those test species which are completely inhabited or ceased temporarily their hyphal extension, the hyphae swelled or curved accompanied by the extreme branching at the point of contact with the hyphae of *Trichoderma*. Only one, *Steccherinum ochraceum*, was not effected by the presence of *Trichoderma*. In the zone-line-forming fungi, the hyphae near the zone-line were coloured due to pigment formation. Usually the pigment was brown, but reddish brown in *Trametes sanguinea*, and black in *Hypoxylon annulatum*.

III Fungistatic action of a metabolic product of *Trichoderma viride* to *Lentinus edodes*

In order to inspect the presence of certain metabolic product which is fungistatic to *Lentinus edodes* and other Hymenomycetes, *T. viride* was cultured at 27°C with 5 l. of the liquid medium (glucose 20 g, soluble starch 20 g, NH_4Cl 5 g, KH_2PO_4 5 g, $MgSO_4$ 25 g, KCl 1 g, $FeSO_4$ trace in 1,000 cc of water), and the cultured liquid in which hyphal thread was excluded by filtering, was treated by means of the following manner.

(*1*) 4.5 l. of the culture liquid was condensed to 30 cc by means of film evaporazor under CO_2 aeration and the reduced air pressure at the temperatures lower than 60°C. The condensed liquid was extraced continuously and then a ether-extracted liquid was gained.

(*2*) From the above-named ether-extracted liquid, a needle-shaped crystal was gained.

(*3*) The residue of the ether extract was then again condensed under the reduced pressure below 60°C, and a syrup was resulted.

A. Experiments with the alcohol- and the ether-extracted liquid.

The strain No. 86 (Lab. No.) of *Lentinus edodes* was cultured at 25°C for 15 days with potato sucrose agar slant. Two pieces of the above-named culture were put on the potato agar medium (adjusted the initial pH 5.8) at the opposite side of a petri-dish and cultured at 25°C for 7 days till those two opposed hyphal threads grew up to ca. 3.0 cm close each other at their margin.

Then a small circular sterilized filter paper (0.6 mm in diam.) moistened with 0.1 cc of the alcohol- or ether-extracted liquid which was previously diluted with dist. water at 1/10～1/500, was placed on the agar medium at the center of a petri dish.

The distance from the margin of the filter paper piece and that of the hyphal thread after further culture of 7 days at the same temperature, was measured as the grade of inhibition of the metabolic substance.

Table 2. Antifungal action of the ether- or alcohol-extracted culture solution of *T. viride* against *L. edodes*. (width of clear zone between the edge of the filter paper piece and that of the hyphal thread, mm)

Metabolite	Dilution of the test substance					
	Original	1/10	1/50	1/100	1/200	1/500
Ether extract	15 mm	8 mm	4 mm	2 mm	0	0
Ethyl alcohol extract	0	0	0	0	0	0

As seen in the above table, ethyl alcohol-extracted liquid seems more fungistatic than the ether extract.

B. Experiments. with the needle-shaped crystal resulted from the ether extract.

The antifungal property of the needle-shaped crystal resulted from ether extract was tested with the water solutions at 1/100 and 1/1,000. The solutions of cycloheximide (actidione) at 100 and 200 p.p.m., and those of fusaric acid at 500 and 1,000 p.p.m. were also employed for

comparison. A piece of hyphae of the same strain of *L. edodes* at 15-day-culture, was transferred to 2% sucrose potato agar plates which were previously regulated at the different pH as seen in Table 3, and cultured for 10 days at 25°C. Then a piece of filter paper (0.6 cm in diam.) moistened with 0.1 cc of the above-named different test solutions, was placed at the point of 2 cm distant from the edge of the hyphal thread, and further kept at 25°C for 10 days. After such culture, the distance between the edge of the filter paper piece and that of the hyphal thread was measured.

Table 3. Antifungal activity of the crystal extracted with ether from the culture liquid of *Trichoderma viride*.

pH of medium	Metabolites of *T. viride*			Cycloheximide		Fusaric acid	
	Original	Crude 1/100	Crystal 1/1,000	100 p.p.m	200 p.p.m	500 p.p.m	1,000 p.p.m
2.5	1.2cm	1.0cm	0.6cm	1.0cm	1.1cm	0.4cm	0.7cm
3.5	1.0	0.6	0	0.8	0.9	0	0
5.8	1.0	1.1	0	0.8	1.0	0	0.2
6.3	1.2	0.7	0	0.6	0.9	0.3	0.2
7.0	1.2	0	0.6	1.1	1.2	0.4	0.6

IV Discussion and conclusion

A *Trichoderma viride*-type fungus originated from the tissue isolation of stroma of *Hypocrea schweinitzii* showed a distinct antagonistic action to many of the Hymenomycetes employed for the experiments, including certain wood-destroying fungi and a cultivated mushroom, *Lentinus edodes*. The mode of attack of *Trichoderma*-hyphae to the hyphal thread of the Hymenomycetes was close to the observation of WEINDLING (1952), and the cells of the latter became plasmolysed. In the other Hymenomycetes which were more or less liable to *Trichoderma*, yielded a distinct zone-line between them and *Trichoderma*. So far as the present experiments were concerned, only one, *Steccherinum ochraceum* was proved unaffected by *Trichoderma*.

As to production of certain antifungal substances by *Trichoderma*, SEIKETOV (1959) and BILAI (1956) in U. S. S. R. noted presence of a volatile antibiotic. By their comprehensive studies, BRIAN *et al.* (1945, 1946, 1947) proved that *Trichoderma viride* produces at least two kinds of antifungal substances, *i.e.*, one is viridin ($C_{20}H_{16}O_6$) which is produced by pigment-forming strains and is stable only at the severe acidity, and the other is gliotoxin ($C_{13}H_{14}N_2S_2O_4$) which is also unstable except high acidity condition and probably the same substance which was already isolated by WEINDLING (1941) from *Gliocladium fimbriatum*.

According to our experiments on the substance fungistatic to *L. edodes*, it was proved that the ethyl alcohol extract from the concentrated culture solution of the above-named strain of *T. viride*, was ineffective to growth of hyphae of *L. edodes*, but the aequous solution of the needle-shaped crystaline substance gained from the ether extract, or the ether extract itself, from the same culture solution were proved highly fungistatic.

The grade of fungistatic action of these substances at the concentration of 1/100 was almost equal to that of cycloheximide solution at 100～200 p.p.m.

It was observed that alteration of the hyphal cells of *L. edodes* due to contact with the solutions of the above-named ether extract or the ether-extracted crystal was quite similar to that due to direct contact with the hyphae of *T. viride*, namely, the superficial hyphae of *L. edodes* became vacuolated and be plasmolysed, especially severe cytoplasmic exudates were noticed at the apical cells of the hyphae. From the facts stated above, the needle-shaped crystal gained from the ether extract of the culture solution of *T. viride* is considered to be, or at least to contain, a substance fungistatic to *L. edodes*.

VAARTAJA (1960) proved *in vitro* that *T. viride* is tolerant to actidione (cycloheximide) up to 20 p.p.m. According to our bioassay, the fungistatic action of the above-named crystal at the concentration of 1/100 seemed equal to that of 100～200 p.p.m. of cycloheximide, so far as the action to *L. edodes* was concerned. It seems probable that *T. viride* perhaps can stand against its fungistatic metabolites up to considerable concentrations, as already shown by BRIAN *et al.* (1946) that the conidia of *T. viride* tolerate 50 mg/ml of viridin. Thus the saprophytic invasion of *T. viride* into log-wood results a severe repression of hyphal growth of the wood-inhabiting Hymenomycetes including *L. edodes* without any repressive effect on the part of *Trichoderma* itself.

V Résumé

1. It was proved by the experiments *in vitro* that, among 13 species of the wood-inhabiting Hymenomycetes tested, six, including *Lentinus edodes*, were completely inhabited their hyphal growth by the invasion of the hyphae of *Trichoderma viride* originated from *Hypocrea schweinitzii*, and two were slightly torelant to *Trichoderma* yielding a zone-line between them and *Trichoderma*, but only one, *Steccherinum ochraceum*, was proved uneffected by the presence of *Trichoderma*.

2. A needle-shaped crystal gained from the ether extract, and the ether extract itself, from the culture solution of *T. viride*, showed a distinct repression of growth of hyphae of *L. edodes*. The grade of repression of 1/100 aequous solution of the crystal or the ether extract to the hyphae of *L. edodes* seemed equal to that of cycloheximide at 100～200 p.p.m.

3. The mode of alteration of the hyphal cells of *L. edodes* due to contact with the solution of the needle-shaped crystal or of the ether extract from the culture solution of *T. viride* was similar to that due to the direct contact with the hyphae of *T. viride*, namely, to plasmolysis of the cells and cytoplasmic exudation in the apical cells of the superficial mycelia.

Literature cited

1. BILAT, V. I. (1956) : Volatile antibiotics in fungi of the genus *Trichoderma*. Microbiology (Moscow) **25** : 458～465.
2. BRIAN, P. W., CURTIS, P. J., HEMMING, H. G. & MC GOWAN, J. C. (1946) : The Production of viridin by pigment-forming strains of *Trichoderma viride*. Ann. Appl. Biol. **33** : 190～200.

3. —— & HEMMING, H. G. (1945) : Gliotoxin, a fungistatic metabolic product of *Trichoderma viride*. Ann. Appl. Biol. **32** : 214~220.
4. —— & —— (1947) : Production of antifungal and antibacterial substances by fungi : Preliminary examination of 166 strains of Fungi Imperfecti. Jour. Gen. Microbiol. **1** : 158~167.
5. —— & —— (1950) : Some nutritional conditions affecting spore production by *Trichoderma viride* PERS. ex FR. Transact. Brit. Mycol. Soc. **33** : 132~141.
6. SEIKETOV, G. S. (1959) : The preparation trichodermin. Potato (Moscow) : 50~51.
7. VAARTAJA, O. (1960) : Selectivity of fungicidal materials in agar cultures. Phytopath. **50** : 870~873.
8. WEINDLING, R. (1932) : *Trichoderma lignorum* as a parasite of other soil fungi. Phytopath. **22** : 837~845.
9. — (1937) : Isolation of toxic substances from the culture filtrates of *Trichoderma* and *Gliocladium*. *Ibid.*, **27** : 1175~1177.

Explanation of plates

PLATE III

Antagonism in culture

Fig. 1. *Lentinus edodes* and *Trichoderma viride* originated from *Hypocrea schweinitzii*. At the start of culture at 25°C.
Fig. 2. Do. After 2 days at 25°C.
Fig. 3. Do. After 8 days at 25°C.
Fig. 4. Do. After 13 days at 25°C.
Fig. 5. *Schizophyllum commune* and *T. viride*. After 5 days at 30°C.
Fig. 6. *Coriolus versicolor* and *T. viride*. After 5 days at 25°C.
Fig. 7. *Lenzites betulina* and *T. viride*. After 5 days at 25°C.
Fig. 8. *Stereum gausapatum* and *T. viride*. After 5 days at 25°C.

PLATE IV

Fig. 1. Normal aerial hyphae of *Lentinus edodes* on potato agar.
Fig. 2. Aerial hyphae of *L. edodes* affected by the hyphae of *Trichoderma viride*.
Fig. 3 & 4. The apical cell of an aerial hyphae of *L. edodes* affected the ether extract (1/10) of the culture filtrate of *T. viride*.
Fig. 5. A temporary zone-line between *L. edodes* (white part) and *T. viride* (brown part).
Fig. 6. A primordia of *L. edodes* invaded by *T. viride*.
Fig. 7. Fungistatic action of the metabolic product of *T. viride* and that of the other substances.
A. Culture on potato agar at the initial pH 2.5 ; B. Do. at pH 3.5 ; C. Do. at pH 5.8 ; D. Do. at pH 6.3 ; E. Do. at pH 7.0. a. The original solution of the ether extract of the culture filtrate ; b. Fusaric acid at 500 p.p.m. ; c. Do. at 1,000 p.p.m. ; d. Cycloheximide at 100 p.p.m. ; e. Do. at 200 p.p.m.
Fig. 8. A, B, C, D & E. Do. as in Fig. 7. a. 1/100 solution of the needle-shaped crystal of the ether extract of the culture solution of *T. viride*. b, c, d & e. Do. as in Fig. 7.

和 文 摘 要

木材をおかす帽菌類の拮抗菌としての *Trichoderma viride*

II. 帽菌類に対する *Trichoderma viride* の抗菌性物質の生産

橋岡良夫. 石川久雄. 小松光雄. 有田郁夫

1. *Trichoderma viride* が抗菌性物質を生産することは既に BRIAN, その他によって明らかにされている。本報告では *Hypocrea schweinitzii* の組織分離培養によって生じた *Trichoderma viride* とシイタケ菌を含む木材腐朽菌 13 種との拮抗性について調べた。

寒天培養基上で試験菌々糸を対時培養した場合，13 種の試験菌のうち 6 種は完全に発育が抑制され，菌糸は完全に死滅し，残り 7 種のうち 6 種は培養の初期において僅かに発育が阻害されたが，後に菌叢が形成され両菌糸は発育が停止し，1 種は抗菌性が全く認められず，両菌糸は相互に相対するコロニー中に発育した。

2. *Trichoderma viride* の菌糸を合成培地で培養し，濾液の濃縮液をエーテルおよびアルコールで抽出し，エーテル抽出液から針状の粗結晶を得た。これら両抽出液と粗結晶の希釈液のシイタケ菌糸に対する発育阻害は，アルコール抽出液では認められず，エーテル抽出液とその粗結晶の希釈液では認められ，Cycloheximide の 100～200 p.p.m と同じ阻害が認められた。この発育阻害をうけたシイタケ菌糸は原形質分離が起り，先端細胞から細胞質が滲出しているのが観察された。

Plate III

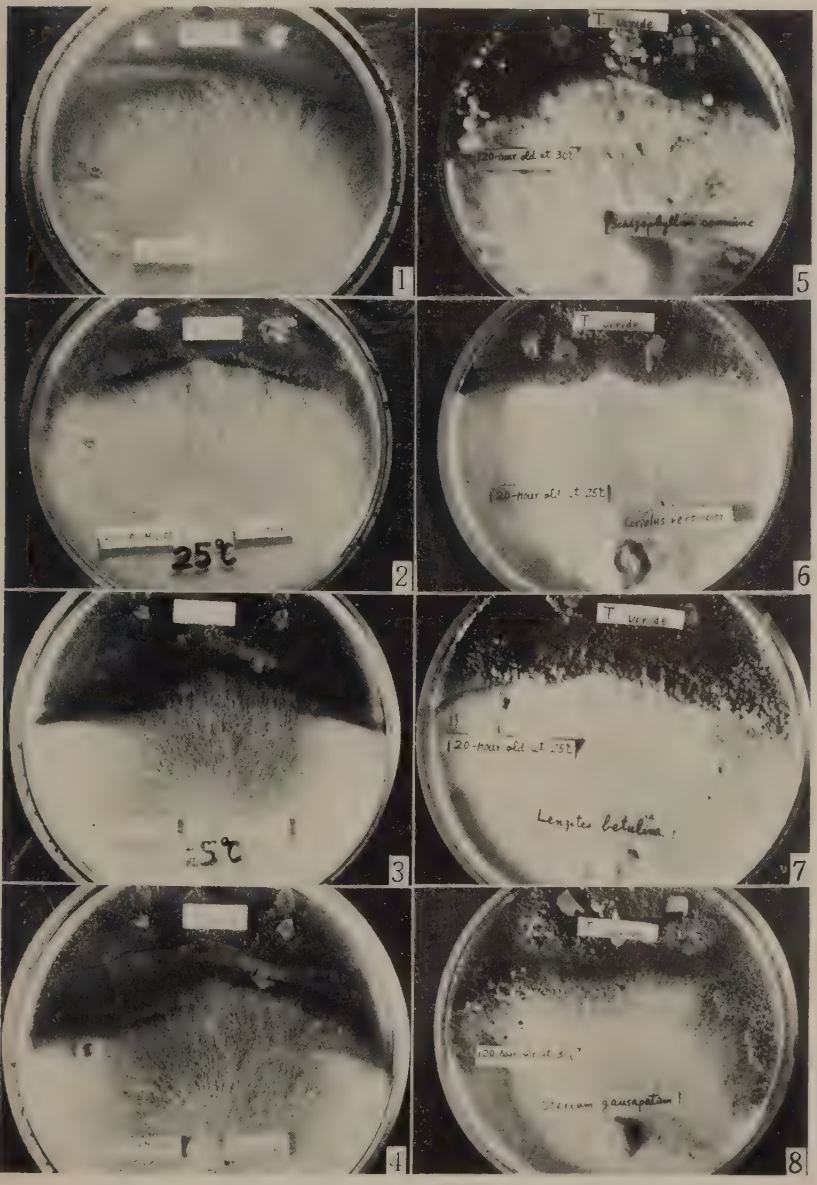
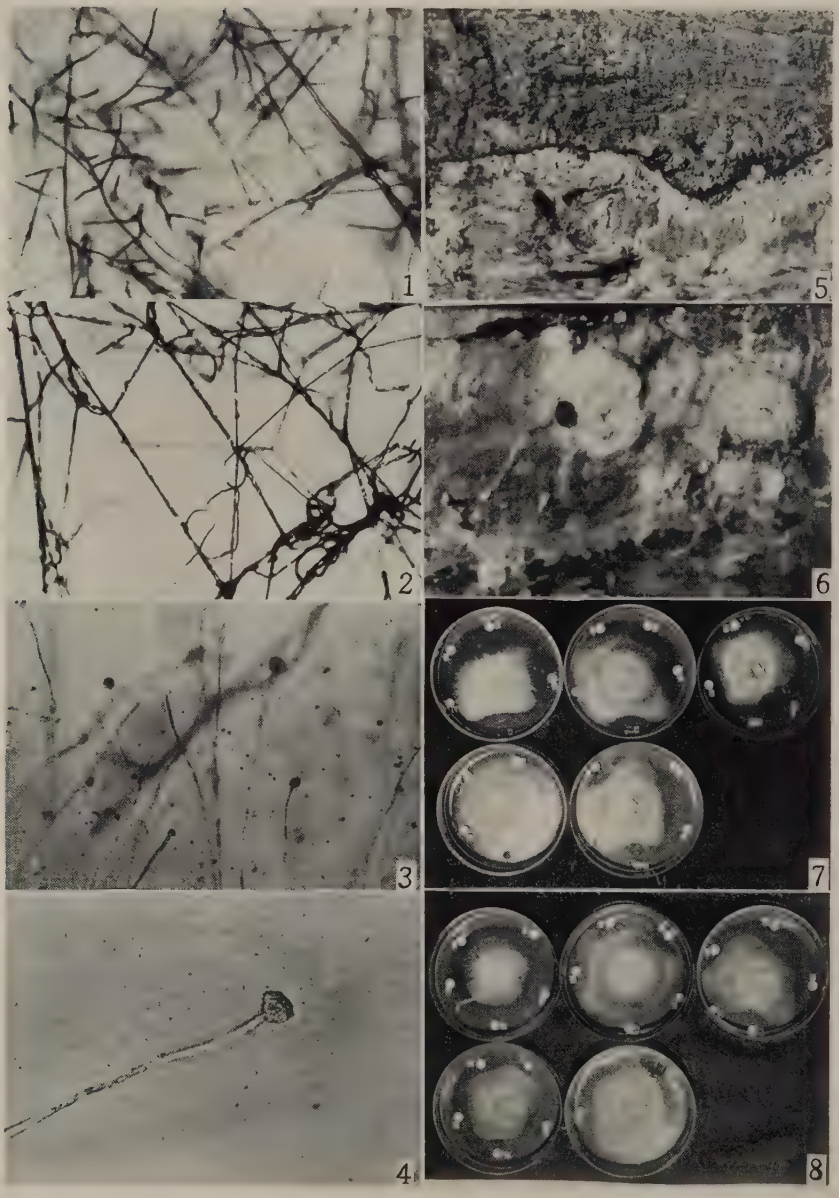


Plate IV



Studies on Abnormal Fruit-bodies of the Hymenomycetous Fungi*

I. Undeveloped fruit-bodies of *Coprinus macrorhizus* f. *microsporus***

Katsuji KIMURA and Misako FUJIO***

Some of the dikaryons obtained by pairing of monosporous mycelia from a wild fruit-body "*h*" of *Coprinus macrorhizus* f. *microsporus* (a tetrapolar fungus) produced undeveloped rudiments of fruit-bodies or abnormal fruit-bodies with usual stipes and closed or half-open pilei. This abnormality of fruit-body formation is a heritable character, being controlled by a single recessive factor, *f*. No linkage exists between the factor *f* and the incompatibility factors, *A* and *B*. The *f*-factor seems to be useful as a marker.

Coprinus macrorhizus REA f. *microsporus* HONGO is a tetrapolar fungus (KIMURA, 1952). When dikaryons of this fungus are cultured on potato sucrose agar slants in test-tubes at 30°C, the mycelia grow rapidly and fruit-body rudiments appear in a period of five to seven days. The rudiments develop into normal fruit-bodies with elongated stipes and expanded pilei in a day or two (Figs. 1~2). But some of the dikaryons obtained by compatible pairing of monosporous mycelia from a wild fruit-body "*h*" collected by Dr. T. HONGO, at Otsu, in September, 1958, produced undeveloped rudiments or peculiar fruit-bodies with usual stipes and closed or half-open pilei (Figs. 3~8). The writers will call such rudiments and fruit-bodies "undeveloped fruit-bodies". If the formation of undeveloped fruit-bodies is a heritable character, it will serve as a very useful marker in further experiments. The present paper deals with the genetic study on undeveloped fruit-bodies of *Coprinus macrorhizus* f. *microsporus*.

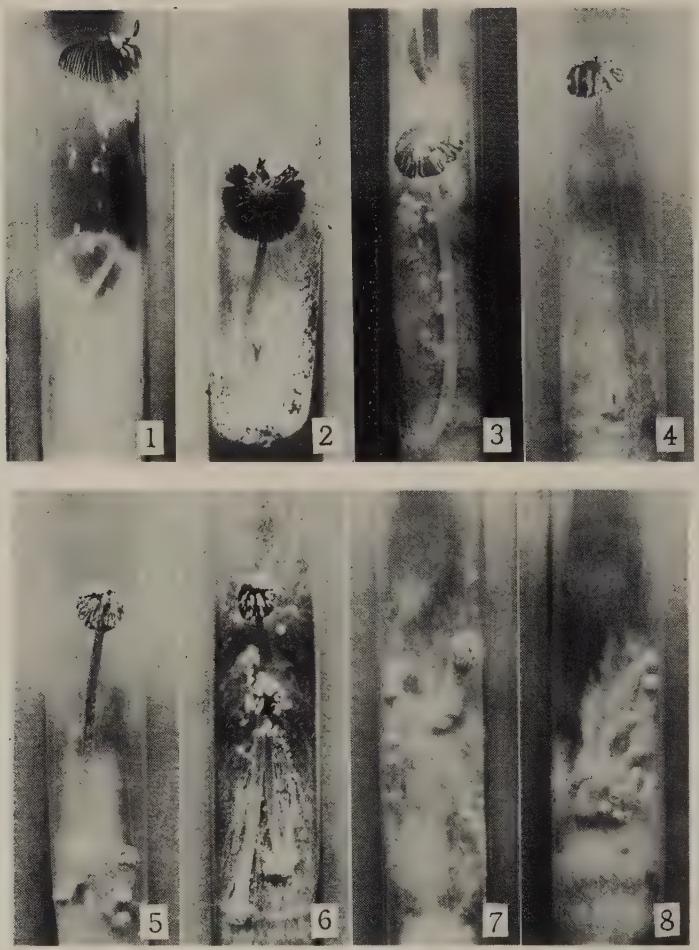
Fruit-body formation from the dikaryotic mycelia obtained by compatible pairing of monosporous mycelia from the wild fruit-body "*h*"

Using twenty monosporous mycelia isolated from the wild fruit-body "*h*", all possible pairings were made on potato sucrose agar slants in test-tubes, and the fruit-body formation

* *Lentinus edodes* (BERK.) SING. [*Cortinellus Berkeleyanus* ITO et IMAI], a tetrapolar fungus (NISIKADO & YAMAUTI, 1935), is one of the most important edible mushrooms in Japan. Endeavours are constantly being made to preserve good varieties and to select still better ones. Sometimes, this fungus produces fruit-bodies with aberrant shape or colour. Most of these abnormal fruit-bodies are lowly quoted on the market and give an economical loss to the culturists. ZATTLER (1924) has reported that the production of rounded knot-like fruit-bodies (Knäuel-Fruchtkörper) in *Schizophyllum commune* is a heritable character, being governed by certain single recessive factor. But, no one has determined whether the abnormality in fruit-body formation in *Lentinus edodes* is due to genetic factors or to environmental ones. The study on this problem will contribute to the cultivation and breeding of this fungus. On this account, a series of investigations on abnormal fruit-bodies of *Lentinus edodes* and other hymenomycetous fungi will be performed.

** Contributions from the Tottori Mycological Institute. No. 3, also, Contribution from the Division of Plant Morphology, Department of Biology, Faculty of Science, Okayama University, No. 84.

*** Department of Biology, Faculty of Science, Okayama University.



Figs. 1~8. Fruit-body formation of *Coprinus macrorhizus* f. *microsporus* on potato-sucrose agar slants in test-tubes. About natural size. Figs. 1~2. Normal fruit-bodies. Figs. 3~8. Various types of undeveloped fruit-bodies: Figs. 3~4, *h*-type with half-open pilei; Figs. 5~6, *c*-type with closed pilei; Figs. 7~8, *r*-type remaining in rudiments.

by the resulting dikaryons from compatible combinations was examined in fifteen to twenty days after the pairing. Since light is indispensable to the ordinary development of fruit-body rudiments in this fungus, growing rudiments were illuminated during the daytime.

This experiment was completed for three times, and the results in each combination are indicated by three successive signs in Table 1. The results of three times were not always invariable. In some combinations, *e. g. 1×13* and *6×8*, from which normal fruit-bodies were produced, rudiments failed in development one and two times, respectively. If the appearance

of these undeveloped rudiments was caused by some non-genetic factors which will be treated of farther on, it seems reasonable to suppose that the formation of undeveloped fruit-bodies is controlled by a genetic factor.

Table 1. Fruit-body formation from the dikaryons obtained by mating of monosporous mycelia isolated from the wild fruit-body "*h*". Explanation of signs for this and following tables: "*F*" denotes normal fruit-bodies (Figs. 1~2); "*h*", fruit-bodies with usual stipes and half-open pilei (Figs. 3~4); "*c*", fruit-bodies with usual stipes and closed pilei (Figs. 5~6); and "*r*", undeveloped rudiments of fruit-bodies (Figs. 7~8). This experiment was completed for three times, and the results are indicated by three successive signs.

Monosporous mycelia		*AB*				
		7	*8*	*10*	*12*	*13*
ab	*1*	r c c	r r r	F F F	F F F	F r F
	2	r r c	r r c	F F F	F F F	r r F
	5	r r c	r r r	F F F	F F F	r F F
	6	F F F	r r F	F F F	r F F	r r F
	14	r r c	r r c	F F F	r r F	F r F
	20	r c c	c c c	F F F	F F F	F F F
Monosporous mycelia		*Ab*				
		3	*4*	*9*	*11*	*17*
aB	*15*	r r h	F F F	r F F	F F F	r r F
	18	r c c	F F F	r F F	r F F	r F F
	19	F F F	F F F	F F F	F F F	F F F
	23	r c r	r F F	F F F	F F F	r F F

It has been reported by ZATTLER (1924), NOBLES (1935), MACRAE (1937), QUINTANILHA & BALLE (1940) and TAKEMARU (1957) that the Mendelian phenomenon of dominance and recessiveness can be displayed in the dikaryons of the hymenomycetous fungi just as in the diplonts of other organisms. From the data presented in Table 1, it is presumed that the factor "*F*" for the production of normal fruit-bodies is dominant over the factor "*f*" for the production of undeveloped fruit-bodies, and that the monosporous mycelia *4*, *6*, *9*, *10*, *11*, *12*, *13*, *17* and *19* have the factor *F* and those *1*, *2*, *3*, *5*, *7*, *8*, *14*, *15*, *18*, *20* and *23*, the factor *f*. To confirm the above assumption, the following experiments were performed.

Test-cross

The combination *1*×*10* in Table 1 was regarded as *abf*×*ABF*. Two hundred monosporous mycelia (*101*~*300*) were isolated from a normal fruit-body produced by this mating. Each of them was paired with the haplonts *7* (*ABf*), *1* (*abf*), *3* (*Abf*) and *15* (*aBf*) of Table 1, and fruit-body formation by the resulting dikaryons was examined. The experiment of fruit-body formation was performed two times by transferring the dikaryons, and the summarized result is

shown in Table 2.

From the data of this table, first, segregation for *F*, *f* and the incompatibility factors *A*, *a* and *B*, *b* was tested, and Table 3 indicates evidently that *F* and *f* segregate in a 1 : 1 ratio as well as *A*, *a* and *B*, *b*. Secondly, linkage between *f* and *A* or *B* was analyzed, and Table 4 shows that no linkage exists between them.

Table 2. Fruit-body formation from pairing of four tester haplonts having *f*-factor with monosporous mycelia derived from the mating *1* (*abf*) × *10*(*ABF*) of Table 1. Tester haplonts *ABf*, *abf*, *Abf* and *aBf* are the monosporous mycelia *7*, *1*, *3* and *15* of Table 1, respectively.

Monosporous mycelia		Tester haplonts	Fruit-bodies	
Mating type	Number		Normal	Undeveloped
AB	52	*abf*	27	25
ab	45	*ABf*	18	27
Ab	53	*aBf*	23	30
aB	50	*Abf*	24	26
Total	200		92	108

Table 3. Segregation for *F*, *f*; *A*, *a*; and *B*, *b*.

	F	*f*	*A*	*a*	*B*	*b*
Number	92	108	105	95	102	98
Total	200		200		200	
χ^2 (for 1 : 1)	1.28		0.50		0.08	
P	0.30~0.20		0.50~0.30		0.80~0.70	

Table 4. Linkage data between *f*-factor and incompatibility factors, *A* and *B*.

Loci	Parental combinations		Recombinations		Total	χ^2 (for 1 : 1)	P
f, *A*	*AF*	*af*	*Af*	*aF*			
	50	53	55	42			
	103		97		200	0.18	0.70–0.50
f, *B*	*BF*	*bf*	*Bf*	*bF*			
	51	57	51	41			
	108		92		200	1.28	0.30–0.20

To reaffirm the above results, the similar experiment was performed, using two hundred monosporous mycelia (*301*~*500*) from a normal fruit-body produced by the pairing of the tester haplont *7* (*ABf*) with the monosporous mycelium *179* (*abF*) derived from the combination *1*×*10*. At seen in Tables *5*~*7*, the results of this experiment were similar in all respects to those of the previous one.

Table 5. Fruit-body formation from pairing of the four tester haplonts having *f*-factor with monosporous mycelia derived from the mating *7* (*ABf*) × *179* (*abF*). *179*-haplont is one of the monosporous mycelia derived from the mating *1* × *10*.

Monosporous mycelia		Tester haplonts	Fruit-bodies	
Mating type	Number		Normal	Undeveloped
AB	41	*abf*	20	21
ab	62	*ABf*	30	32
Ab	49	*aBf*	21	28
aB	48	*Abf*	27	21
Total	200		98	102

Table 6. Segregation for *F*, *f*; *A*, *a*; and *B*, *b*.

	F	*f*	*A*	*a*	*B*	*b*
Number	98	102	90	110	89	110
Total	200		200		200	
χ^2 (for 1 : 1)	0.08		2.00		2.42	
P	0.80–0.70		0.20–0.10		0.20–0.10	

Table 7. Linkage data between *f*-factor and incompatibility factors, *A* and *B*.

Loci	Parental combinations		Recombinations		Total	χ^2 (for 1 : 1)	P
	Af	*aF*	*AF*	*af*			
f, *A*	49	57	41	53			
	106		94		200	0.72	0.50–0.30
	Bf	*bF*	*BF*	*bf*			
f, *B*	42	51	47	60			
	93		107		200	0.98	0.50–0.30

In order to investigate the segregation for *F*, *f* only, the following method was rather convenient. The haplont *7* (*ABf*) of Table 1 was paired with *A′B′F*-haplont derived from X-strain of which factors had been assumed to be *A′a′B′b′F F*, and *A A′B B′F f*-dikaryon was obtained. One hundred monosporous mycelia were isolated from a normal fruit-body produced by the above dikaryon. These haplonts were paired with the haplont *1* (*abf*) of Table 1, resulting in formation of dikaryons without exception. Forty-six out of the one hundred dikaryons produced normal fruit-bodies, and the remainder, undeveloped ones. This shows that *F* and *f* segregated in a ratio of 1 : 1.

One of the present writers, KIMURA (1952) has reported that the incompatibility factors, *A* and *B*, do not link with each other. Table 8 which was introduced through the data of Tables 2 and 5, proved again the same fact.

Table 8. Linkage data between the two incompatibility factors, *A* and *B*.

Mating	Parental combinations *AB*	*ab*	Recombinations *Ab*	*aB*	Total	χ^2 (for 1 : 1)	P
1 (ab)×10 (AB)	52	45	53	50			
	97		103		200	0.18	0.70~0.50
7 (AB)×179 (ab)	41	62	49	48			
	103		97		200	0.18	0.70~0.50

Fruit-body formation in pairing of monosporous mycelia derived from the mating *7 (ABf)×179 (abF)*

From each mating type class of the haplonts derived from the combination *7 (ABf)×179 (abF)* of Table 5, four *F*-haplonts and four *f*-ones were picked out at random, respectively. All possible combinations of pairing between compatible haplonts were made, and fruit-body formation from the resulting dikaryons was examined. This experiment was performed only once. As shown in Table 9, *FF*- or *Ff*-dikaryons produced normal fruit-bodies, and *ff*-dikaryons, undeveloped ones, without exception. This result met completely the present writers' expectation.

Table 9. Fruit-body formation from pairing of monosporous mycelia derived from the mating *7×179*.

Monosporous mycelia		*abF* 397	406	418	421	*abf* 312	336	342	369
ABF	*305*	F	F	F	F	F	F	F	F
	355	F	F	F	F	F	F	F	F
	396	F	F	F	F	F	F	F	F
	416	F	F	F	F	F	F	F	F
ABf	*320*	F	F	F	F	h	c	h	h
	327	F	F	F	F	h	h	h	h
	387	F	F	F	F	h	c	h	h
	395	F	F	F	F	r	h	r	r

Monosporous mycelia		*aBF* 410	419	420	455	*aBf* 314	321	337	383
AbF	*354*	F	F	F	F	F	F	F	F
	377	F	F	F	F	F	F	F	F
	392	F	F	F	F	F	F	F	F
	452	F	F	F	F	F	F	F	F
Abf	*370*	F	F	F	F	c	c	h	c
	382	F	F	F	F	c	r	h	c
	400	F	F	F	F	r	c	h	h
	407	F	F	F	F	c	c	r	c

Fruit-body formation in pairing of haplonts having *f*-factor with monosporous mycelia derived from *FF* fruit-bodies

From the normal fruit-bodies derived from the matings *396* (*ABF*)×*406* (*abF*) and *354* (*AbF*)×*410* (*aBF*) of Table 9, forty and thirty-five monosporous mycelia were isolated, respectively. All of these monosporous mycelia should carry *F*-factor, and, when they are paired with the tester haplonts *ABf*, *abf*, *Abf* and *aBf*, the resulting dikaryons ought to produce normal fruit-bodies without exception. In expectation of the above, the experiment was performed only once. As shown in Tables 10~11, normal fruit-bodies were formed from all compatible pairings as expected.

Table 10. Fruit-body formation from pairing of the four tester haplonts having *f*-factor with monosporous mycelia derived from the mating *396* (*ABF*)×*406* (*abF*) of Table 9.

Monosporous mycelia		Tester haplonts	Fruit-bodies	
Mating type	Number		Normal	Undeveloped
AB	10	*abf*	10	0
ab	12	*ABf*	12	0
Ab	7	*aBf*	7	0
aB	11	*Abf*	11	0
Total	40		40	0

Table 11. Fruit-body formation from pairing of the four tester haplonts having *f*-factor with monosporous mycelia derived from the mating *354* (*AbF*)×*410* (*aBF*) of Table 9.

Monosporous mycelia		Tester haplonts	Fruit-bodies	
Mating type	Number		Normal	Undeveloped
AB	12	*abf*	12	0
ab	8	*ABf*	8	0
Ab	8	*aBf*	8	0
aB	7	*Abf*	7	0
Total	35		35	0

Fruit-body formation in pairing of monosporous mycelia derived from a *ff* fruit-body

The undeveloped fruit-bodies with closed or half-open pilei beared often basidiospores, but the spores were on the whole somewhat small in number as compared with those of normal fruit-bodies. The spores from a fruit-body with a closed pileus produced by the mating *1* (*abf*)×*7* (*ABf*) of Table 1, germinated normally. Twenty monosporous mycelia (*501*~*520*)

were isolated and their mating types were determined by pairing with the tester haplonts. From each mating type class, three haplonts were freely picked out respectively, and all possible matings between compatible haplonts were made. The experiment of fruit-body formation from the resulting dikaryons was completed for three times, and the results are shown in Table 12.

Table 12. Fruit-body formation from the dikaryons obtained by mating of monosporous mycelia from the c-type undeveloped fruit-body produced in the pairing *1(abf)×7(ABf)* of Table 1. This experiment was carried out three times, and the results are indicated by three successive signs.

Monosporous mycelia		*ab*		
		501	*505*	*507*
AB	*502*	r h h	r h h	r c h
	503	c r h	r c c	r c h
	504	r r h	c r r	c c h
Monosporous mycelia		*aB*		
		506	*509*	*511*
Ab	*508*	F r r	F r h	c r r
	512	r r h	r r h	r r r
	514	F F h	r r c	c c h

Almost all dikaryons produced undeveloped fruit-bodies, but, in the matings *506×508*, *506×514* and *508×509*, fruit-body formation was sometimes apparently normal. This seems to be very peculiar. Then, the following experiment was performed to make sure the genetical constitution of these normal fruit-bodies. Twenty monosporous mycelia were isolated from a normal fruit-body obtained by one of the above matings, *506×508*. They were paired with the tester haplonts carrying *f*-factor, and fruit-body formation in compatible matings was examined. As shown in Table 13, normal fruit-bodies never appeared from any dikaryons.

Table 13. Fruit-body formation from pairing of the four tester haplonts having *f*-factor with monosporous mycelia isolated from the normal fruit-body produced in the mating *506×508* of Table 12.

Monosporous mycelia		Tester haplonts	Fruit-bodies			
Mating type	Number		Normal	Undeveloped (r)	(c)	(h)
AB	2	*abf*	0	1	1	0
ab	5	*ABf*	0	5	0	0
Ab	9	*aBf*	0	8	0	1
aB	4	*Abf*	0	4	0	0
Total	20		0	18	1	1

Therefore, the occasional production of normal fruit-bodies by *ff*-dikaryons seems to be caused by some unknown environmental factors, and so it is with the appearance of two or three types of undeveloped fruit-bodies in other matings of Table 12.

The event that, in the experiment represented in Table 1, some rudiments from *FF*- or *Ff*-dikaryons failed in normal development, seems to result from the advanced culture age of the haplonts used in this experiment, in addition to environmental factors ; because, in this fungus, dikaryons obtained by pairing between two compatible haplonts, both of which have been cultured for a long time after the isolation of spores, decrease in growth rate (KIMURA, 1954) and the fruit-body rudiments from them are liable to fail in normal development.

The above may be supported by the fact that the experiments represented in Tables 9～11, using fresh haplonts, resulted in normal fruit-body formation from *FF*- or *Ff*-dikaryons without exception at the first attempt.

Thus undeveloped rudiments were sometimes produced by *FF*- or *Ff*-dikaryons, but, throughout all the experiments in the present paper, undeveloped fruit-bodies with closed or half-open pilei never appeared from any *FF*- or *Ff*-dikaryons.

Conclusion

From the experimental results mentioned above, it is found that the formation of undeveloped fruit-bodies in *Coprinus macrorhizus* f. *microsporus* is a heritable character which is controlled by a single recessive factor *f*, and that no linkage exists between the factor *f* and the incompatibility factors, *A* and *B*.

The factor *f* seems to be useful as a marker with the understanding that 1) fruit-bodies with closed or half-open pilei are produced only by *ff*-dikaryons, 2) undeveloped rudiments, by *ff*-dikaryons and sometimes by *FF*- or *Ff*-dikaryons from matings between old haplonts, and 3) normal fruit-bodies, by *FF*- or *Ff*-dikaryons and rarely by *ff*-dikaryons.

Literature cited

1. KIMURA, K. (1952) : Study on the sex of *Coprinus macrorhizus* REA f. *microsporus* HONGO. I. Introductory experiments. Biol. Jour. Okayama Univ. **1** : 72～79.
2. —— (1954) : On the growth rate of mycelia in the Hymenomycetes. *Ibid*. **2** : 7～12.
3. MACRAE, R. (1937) : Interfertility phenomena of the American and European forms of *Panus stypticus* (BULL.) FRIES. Nature. **139** : 674.
4. NISIKADO, Y. and K. YAMAUTI (1935) : Studies on the heterothallism of *Cortinellus Berkeleyana* ITO et IMAI, an economically important edible mushroom in Japan. Ber. Ohara Inst. **7** : 115～128.
5. NOBLES, M. K. (1935) : Conidial formation, mutation, and hybridization in *Peniophora Allescheri*. Mycologia. **27** : 286～301.
6. QUINTANILHA, A. and S. BALLE (1940) : Étude génétique des phénomènes de nanisme chez les Hyménomycètes. Bol. Soc. Broter. Sér. 2. **14** : 17～46.
7. TAKEMARU, T. (1957) : Genetics of *Collybia velutipes*, VI. Linkage study with a spontaneous physiological mutant (Japanese with English summary). Jap. Jour. Genet. **32** : 286～292.
8. ZATTLER, F. (1924) : Vererbungsstudien an Hutpilzen (Basidiomyzeten). Zeit. Bot. **16** : 433～499.

和 文 摘 要

帽菌類の異常子実体の研究 I. ウシグソヒトヨの不開傘子実体

木村 劼二・藤生みさ子

四極性帽菌の一つであるウシグソヒトヨ *Coprinus macrorhizus f. microsporus* の野生子実体 *h* の胞子から由来した2核菌糸体の子実体形成において，子実体原基が生長を中止したり，菌柄は正常であっても菌傘が不開または半開という場合がしばしば見られた。これらの異常な子実体を一括して不開傘子実体とよぶことにするが，これの形成は単一の劣性因子 *f* による遺伝的のものであり，*f* 因子は不和合性因子の *A*, *B* のいずれとも連鎖していないことが明らかにされた。この *f* 因子は若干の条件をつければ標識因子として役立つものと思われる。

シイタケ乾燥における ニエツキ 生成の条件*

河　合　　弥・河　合　　晃

Wataru KAWAI and Akira KAWAI: Studies on *Nietsuki*** production during the drying of fruit-bodies of *Lentinus edodes* (BERK.) SING.

Résumé

1. A mis-product, *Nietsuki*, has frequently been produced during the drying of fruit-bodies of *Lentinus edodes*. Temperature, humidity and time conditions of the *Nietsuki* production were studied.

2. When these fruit-bodies were dried under the same conditions all the time, the *Nietsuki* production was determined by drying conditions of the first 5 hours, and in this duration if the surface temperature of a fruit-body became more than 30～35°C, the *Nietsuki* was produced.

3. When the surface of a fruit-body was sufficiently covered with water, its surface temperature could be measured as wet bulb temperature of the circumference.

ま え が き

シイタケの子実体を乾燥する場合，最初から高温で乾燥しようとすると，第 1～5 図 b のようにシイタケがムレたようなあるいはコゲたような状態となり，あめ色あるいは黒色を呈して来る。このような状態となることをシイタケ乾燥の上では“ニエツく”と称し，でき上った乾燥シイタケのことを“ニエツキ”と称しているのであるが，このようなニエツキ生成の原因については，温度が 60～70°C に上昇してシイタケの構成蛋白が凝固するためであろうと推論されている（宇野田，1954）。一方ニエツキは含水率の大きいシイタケを乾燥する時にできやすく，含水率が小さいシイタケは前者に比べて最初からいくらか高温で乾燥してもニエツキにくいこと，また自然通風式乾燥に比べて強制通風式乾燥の場合の方がニエツキにくいことが一般的に認められている。

以上のことから推論して，ニエツキ生成には被乾燥シイタケの周囲空気の温度だけでなく湿度も大きなファクターとなるに違いないと考えられ，著者らはこの点について実験を行ない，ニエツキ生成の限界温湿度曲線を求めて検討した。

供 試 材 料

前述のように，ニエツキ生成限界は被乾燥シイタケの含水率の大小によって影響されると思われるので，供試材料は大体 89～91% の含水率が非常に大きいものを主として用いた。また供試シイタケは大体厚肉のものを選んだが，系統としては 1 系統だけでなく数種の系統の子実体を供試した。

実 験 方 法

恒温恒湿室乾燥器を使用し，下段には器内を所要湿度に保たせるための種々の大きさの蒸発皿またはビーカーを置き，上段には試料，乾球および湿球温度計を置いてノゾキ窓から温湿度を読んで調整を行ない，乾球温度は ±1.0 C，湿球温度は ±2.0°C 程度の誤差範囲内で器内を一定温湿度に保った。この場合の湿度は倉井（1949）

* 鳥取菌蕈研究所研究業績　第 1 号 (Contributions from the Tottori Mycological Institute. No. 4)

** A dampish, scorch-like mis-product in the drying of fruit-bodies.

の湿度図表から求めた比較湿度（Percentage Humidity, P. H.）を用いた。また高湿における実験の場合は，上部排気孔にビニール，フィルムをはって蒸気の漏れを防いだ。

また前述のように，シイタケの含水率がそれほど大きくない場合はニエツキ現象は起こりにくいもののようであるので，始めから終りまで同一条件で乾燥するものとすれば，乾燥が進むにつれてますますニエツく可能性は小さくなると考えられる。従って後述のようにまずニエツキを起こす限界時間について実験を行なったところ，同一条件で始めから終りまで乾燥するとすれば，最初の5時間以内で大体ニエツキ現象の有無は決定されるものであるということを確かめたので，以後の実験では最初の5時間だけ前述の器内に置いて所定の温湿度を与え，その後はニエツキを全く起こさないような 40°C，30% P.H. 以下のゆるやかな条件で乾燥を終了してニエツキの限界温湿度曲線を求めた。

ニエツキの有無の判定には一定の基準を設けにくいが，同一条件で一度に3個ずつの子実体を供試し，その内1個でも菌傘の周縁部の色が中心部に比べて黒色を帯びている場合は，既にニエツキが起こっているものと見なした。

実験結果および結果の考察

1. ニエツキの限界時間

乾燥を始めから終りまで同一条件で行なうとして，最高何時間位までがニエツキ現象に影響するかを見るため，所定の温湿度に所定時間（以後処置温湿度および処置時間と呼ぶ事にする）だけ置いて取り出し，以後は 40°C，30% P.H. 以下の条件で乾燥を終了してニエツキの有無を確かめた。その結果は第1表のようである。

第1表 処理時間とニエツキとの関係

乾球温度（°C）	湿球温度（°C）	処理時間（時）	ニエツキの程度	乾球温度（°C）	湿球温度（°C）	処理時間（時）	ニエツキの程度
65	50	1/2	中	50	35	3	なし（？）
		1	大			5	ごく軽微
		2	大			10	軽 微
55	40	1/2	小	43	30	5	なし
		1	小			24	なし
		3	中			40（乾燥終了）	なし

すなわちニエツキを起こす温湿度においては，処置時間が長くなるほどその程度は大きくなるが，すべて処置時間5時間までで既にニエツキが起こっており，一方処置時間5時間までの間にニエツキを起こさなかった場合には，後述のように限界点と思われる条件の時でさえ，乾燥終了まで同一湿温度で乾燥を行なってもニエツキを起こしていない。このことから同一条件で始めから終りまで乾燥する場合は，最初の5時間以内で大体ニエツキ現象の有無は決定されると云っても差支えないものと思われる。

2. ニエツキの温湿度限界曲線

上記のように，同一条件で乾燥する場合最初の5時間でニエツキの有無は決定されるものであることを確かめたので，処置時間はいずれも5時間として温湿度条件とニエツキの関係について実験を行なった。その結果は第2表のようである。また供試材料の乾燥開始前および乾燥終了後の状態を，代表的なものについて写真で示すと第 1～8 図のようである。

この第2表の実験結果を見ると，No. 9 のように乾球温度が 40°C であっても湿度が高ければニエツキを起こしているのに反し，No. 4 のように乾球温度が 60°C であっても湿度が低ければニエツキを起こしていない。このことから考えてニエツキ生成には乾球温度は直接のファクターではない事が明らかである。

一方「固体材料を定常乾燥条件下で乾燥すれば，その水分が多く試料の表面が液層でおおわれている間は，固体

第2表　処理温湿度条件*とニエツキ程度との関係

No.	乾球温度 (℃)	湿球温度 (℃)	比湿度 (%)	ニエツキ程度	備考	No.	乾球温度 (℃)	湿球温度 (℃)	比湿度 (%)	ニエツキ程度	備考
1	60	54	70	大	—	8	50	30	22	なし	—
2	60	49	50	大	第1図	9	40	39	90～	中	第5図
3	60	41	29	中	第2図	10	30	29	90～	なし	第6図
4	60	30	10	なし	—	11	55	35	23	軽微	第7図
5	70	35	8	小	第3図	12	45	40	70	小	—
6	80	40	6	中	第4図	13	45	35	50	軽微	—
7	50	40	52	中	—	14	45	28	27	なし	第8図

*　乾燥開始後5時間までの温湿度条件

表面からの蒸発は固体の存在しない自由液面からの蒸発と何等異なるところがなく，この蒸発に必要な熱量と空気だけから供給されるいわゆる断熱的蒸発が行なわれておれば，固体の表面温度はほぼ空気の湿球温度を保つものである。」（亀井，1949）という一般乾燥理論からすれば第2表の乾球温度はほぼ供試シイタケの表面温度と等しいと考えられるのであるが，この点について確認するためサーミスタ温度計を用いて供試シイタケの表面温度を測定し，同時に測定した周囲空気の湿球温度と比較したところ第3表および第4表のようになった。

第3表　乾湿球温度と供試シイタケ表面温度との比較（1）

時間（時）	乾球温度（℃）	(A) 湿球温度（℃）	(B) 表面温度（℃）	(B)-(A)（℃）
1/2	57.0	40.0	40.2	0.2
1	56.3	38.7	39.7	1.0
2	57.8	39.4	40.3	0.9
3	57.5	38.9	39.8	0.9
5	57.3	38.7	40.2	1.5

（供試シイタケの水分百分率：89%）

第4表　乾湿球温度と供試シイタケ表面温度との比較（2）

時間（時）	乾球温度（℃）	(A) 湿球温度（℃）	(B) 表面温度（℃）	(B)-(A)（℃）
1/2	38.0	31.9	32.7	0.8
1	37.5	31.6	32.6	1.0
2	36.7	31.2	32.2	1.0
3	37.2	31.2	32.4	1.2
5	36.7	31.5	32.8	1.3

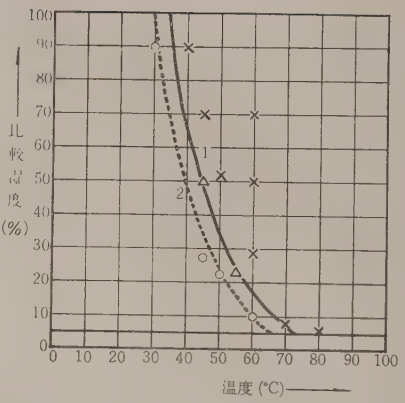
（供試シイタケの水分百分率：87%）

すなわち，この実験で問題となっている乾燥を開始した時から5時間以内では，せいぜい 1.5°C までの範囲内で両者は一致している。

以上のことから湿球温度はほぼ試料の表面温度と等しく，これがニエツキ生成の直接のファクターであることが考えられ，第2表の結果を見ると No. 5, 11, 13 のように湿球温度が 35°C となっている場合は大体ニエツキの程度軽微であり，No. 4, 8, 10, 14 のように湿球温度が 30°C 以下の場合はニエツキを起こしていない。又 No. 1, 2, 3, 6, 7, 9, 12 のように湿球温度が 35°C 以上の場合は湿球温度が高くなるに従ってニエツキの程度も大

きくなっている。そこで第2表のニエツキのない場合を○印，ニエツキの程度軽微な場合を△印，ニエツキの程度が小以上の場合を×印で表わすこととして，縦軸に比較湿度，横軸に温度をとったグラフ上にプロットすると第1図のそれぞれの記号で表わされた点となる。次に亀井の湿度図表から湿球温度が 35°C および 30°C となるような温湿度曲線を求めて同図上に描くと，それぞれ1および2の曲線となる。この両者を比較すると○印の点は2の理論曲線から左側，△印の点は大体1の曲線上，×印の点は1の曲線の右側にあることが分かる。すなわち，供試シイタケの表面温度が 30°C の時はニエツキ現象はまだ現われないが，35°C となると軽微なニエツキが起こり，表面温度が高くなるにつれてニエツキ現象はますます増大するものである。

以上のことから結論として，シイタケ子実体を乾燥する場合その初期において子実体表面が充分水でおおわれている間に，子実体表面の実温度が 30～35°C となるとニエツキが起こり始めるものであり，表面温度は簡易的に周囲空気の湿球温度として測定することができるものである。



第1図　ニエツキの限界温湿度曲線

×：ニエツキを起こす点
○：ニエツキを起こさない点
△：両者のほぼ中間と思われる点
curve 1：湿球温度が 35°C となる理論線
curve 2：湿球温度が 30°C となる理論線

摘　　要

(1)　シイタケ乾燥の際，乾燥の失敗によってしばしばニエツキがつくられるが，このニエツキができる温度，湿度および時間などの限界乾燥条件について実験を行なった。

(2)　始めから終りまで同一温湿度条件で乾燥を行なうとすれば，ニエツキ現象の有無は最大限最初の5時間の条件によって決定するものであり，その間においてシイタケの表面温度が 30～35°C 以上となった時ニエツキが起こるものである。

(3)　シイタケの表面が充分水でおおわれている間は，シイタケの表面温度は周囲空気の湿球温度として測定することができるものである。

引　用　文　献

1.　宇野田　巌 (1954)：椎茸乾燥法．1～27.
2.　亀井三郎 (1949)：化学機械の理論と計算．365～369，400.

図　版　の　説　明

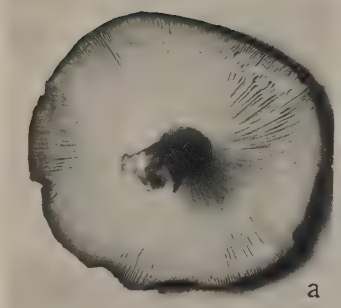
図版 V，VI

第1～8図のおのおのにおいて，a は乾燥前の，b は乾燥後のシイタケ子実体の状態を示す。

第1図 b はニエツキの程度大，第2図 b，第4図 b および第5図 b はニエツキの程度中，3b はニエツキの程度小，第7図 b はニエツキの程度軽微，第6図 b および第8図 b はニエツキのない場合の状態である。

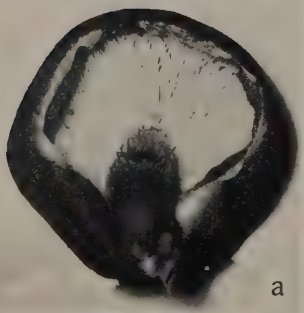
図版 V

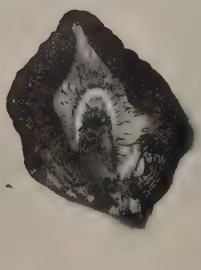
第1図



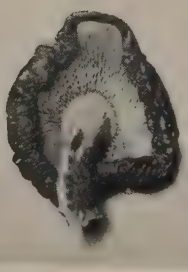
第2図

第3図



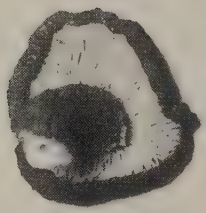


第4図

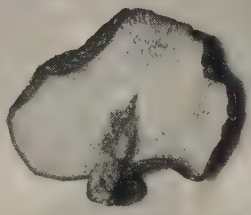


図版 VI

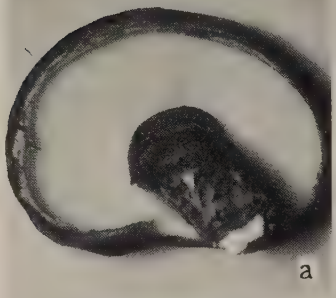
第5図



第6図



第7図



第8図

シイタケ菌による木材主要成分特にリグニンの分解について*

石川久雄**・河合　晃・渡辺　計**・沖　妙**

Hisao ISHIKAWA, Akira KAWAI, Hakaru WATANABE and Tae OKI: Studies on the biochemical degradation of wood-components, with special reference on lignin by *Lentinus edodes* (BERK.) SING.

Résumé

Biochemical degradation of hard wood lignin by *Lentinus edodes* was first studied by comparing the amount of lignin of decayed hard wood with that of the proto lignin. The results indicated that a part of hard wood lignin is degraded by the function of the rot fung, and that the acidity of decayed wood reaches a min. ca. 4.3 and then the pH remains almost constant. Furthermore, it was confirmed that vanillin, syringyl aldehyde, acetovanillon, vanillic acid and protocatechnic acid(?) occur in decayed hard wood powder attacked by *L. edodes*. The decayed lignin extracted from decayed wood powder showed the remarkable variation and the existence of the more amount of carbonyl groups, compared with BRAUNS' native lignin on their ultraviolet absorption spectra and infrared absorption spectra.

Vanillic acid was formed from vanillin, vanillyl alcohol, coniferyl alcohol or ferulic acid in the crude enzyme solution which is isolated from the mycelia of *L. edodes*, adapted to BRAUNS' native lignin and the medium. The optimum pH of the enzymatic conversion from the lignin model compounds to vanillic acid was present in the region of pH 6.0 to 7.0, and the optimum temperature is about 30°C. The enzymatic reaction was not almost inhibited by potassium cyanide, sodium fluoride or *p*-chloromercurobenzoate, while the activity of laccase (the optimum pH, 3-4) was perfectly deactivated by these inhibitors.

Depending upon the above results, the mechanism of degradation of hard wood lignin by the function of *L. edodes* was discussed.

ま え が き

木材腐朽菌はその腐朽型によって白腐菌，赤腐菌およびそのいずれにも属さない中間のものの3種類に大別され，その腐朽型の識別には BAVENDAMM 反応が使われて来た。

近年になってこの反応に関する研究が盛んに行なわれ，腐朽菌の出すラッカーゼ型のフェノールオキシダーゼが没食子酸，タンニン酸，α-ナフトールおよびハイドロキノンなどを酸化してキノン型の有色物質を生成することが次第に明らかになって来た（福住，1953；樋口，1953 a, b, 1954)。ラッカーゼ型のフェノールオキシダーゼは白腐菌および1部の赤腐菌から生成されるが（樋口，1953 a, b, 1954；LAW, 1950；FAHRENS, 1949)，この酵素がリグニン分解において果たす役割についてはほとんど判明していない（樋口，1953 a, b, 1954；VLIET, 1954；LAW, 1955；福住，1959)。しかし白腐菌は衆知のように木材中のリグニンをよく分解し，その分解生成物としてヴァニリン，シリンギルアルデハイドとヴァニリン酸様の物質が数種類の腐朽菌を作用した木粉から確認さ

* 菌蕈研究所研究業績　第5号 (Contributions from the Tottori Mycological Institute. No. 5)
** 愛媛大学農学部木材化学及び繊維化学研究室

れている（福住，中瀬，1960；樋口，川村，1955；HENDERSON，1955）。又 *Poria vaporaria* や *Fomitopsis pinicola* のような白腐菌は pH 1.4～2.0 の酸性培地によく生育し（岩出，1958；芝本，福住，1952），木材中のリグニンを炭素源として利用することが出来る。

この研究は *Lentinus edodes* による木材成分の分解の様相を明らかにし，合わせてリグニンの分解過程を究明する目的で行なわれた。又この研究は *L. edodes* の子実体形成にあずかる諸因子を究明するための研究の1部分として企図されたものである。

実 験 方 法

1. 培地の調製と培養条件

a ほだ木　コナラの原木中から樹径および年輪数のほぼ等しいもの十数本を選び，植付条件を等しくして *Lentinus edodes* の種菌を移植し，3カ年間全国椎茸普及会四国地方指導部圃場で育成した。その間適時に菌糸の生育状態の良好なほだ木を選んで皮をはぎ，ほだ木の中央部から厚さ 5 cm の円筒型の試料を採り，粉砕して 60 メッシュの木粉として分析に供した。

b 木くず培地　皮をはいだコナラおよびクヌギの原木から作った心辺材混合の木粉 10 gr に 5% のブドー糖と 0.2% のペプトンを加え，全体がかろうじて浸る程度の水を加え滅菌して培地とした。

そのほかに *L. edodes* が木材成分を分解して生成する代謝生産物を検索するために，全国椎茸普及会菌興1号のブナ木くず種菌で培養期間の異なるものを分析試料に供した。

c ポテート寒天培地　*L. edodes* の生育期間中における pH の変化を調べる目的で，緩衝剤を含まないポテート寒天培地を調製した。

d リグニン人工培地　リグニンおよびその模型化合物の分解過程を知るために，水 100 m*l* 中に硝酸ナトリウム 0.3 gr，硫酸マグネシウム 0.01 gr，第一燐酸カリウム 0.1 gr，塩化カリウム 0.05 gr，ブドー糖 2 gr，生酵母の水抽出物 0.01 gr およびブナの BRAUNS 天然リグニン 2 gr を含む培地（pH 5.5）を使用した。

e 培養条件　使用した *L. edodes* は全国椎茸普及会菌興1号菌である。ほだ木以外の培地はすべて 25°C で一定期間培養した。ただし木くず培地の場合は，時々一定量の滅菌水を補給して菌糸の充分な伸長を助けた。

2. 菌体成分の分析

ポテート寒天培地上に *L. edodes* を一定期間培養した後，菌層を除き寒天培地を少し加温して溶解し，培地の pH の変化を調べた。また菌体に付着している寒天を除き，濾紙上で水分を切った後，その 1 gr 当りに 10 m*l* の水を加えてホモブレンダーで磨砕して得られる菌体懸濁液の pH を菌体内の pH とした。一方菌体の1部分は 60°C ですみやかに乾燥し，トレハローズとアミノ態窒素の量を求めた。

3. 木材の主要成分，特にリグニン代謝生産物の検索

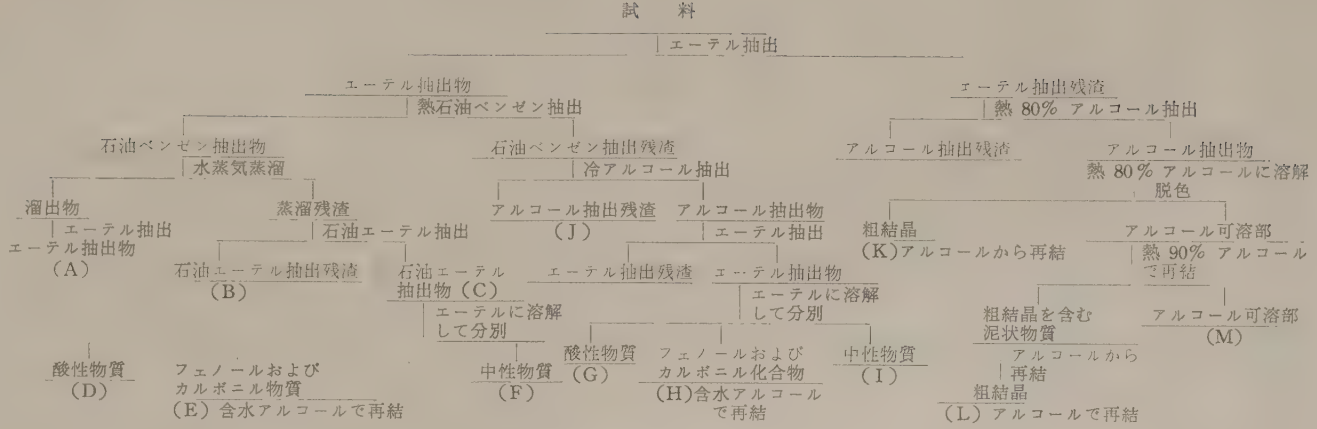
L. edodes を一定期間培養した菌興 1 号木くず種菌 10 kg を 40°C 以下ですみやかに通風乾燥し，第1図に示す各過程を経てそれぞれの区分に分け，各区分中の代謝生産物を検索した。又この比較試験のためにリグニン培地上に生育した菌体 200 gr，生シイタケ 3 kg および原木粉 1 kg についても同じ実験を試みた。

次に原木粉およびそれに *L. edodes* を培養して腐朽させた試料から，それぞれ BRAUNS 法（BRAUNS，1939，1945）によってリグニンを抽出し，その組成を比較検討するかたわら，紫外部と赤外部の吸収スペクトルを測定した。

4. 粗酵素の単離と酵素反応

ポテート寒天培地上に生育した菌体を，滅菌水で洗って出来る限り付着している寒天を除き，上述のリグニン培地中で通気しながら3日間培養し，培養液と菌体（約 50 gr）とを分け，菌体は 0°C 以下に保ちながらホモブレンダーで磨砕した。磨砕物は遠心分離によって沈澱物を除き，その上澄液と未分解のリグニンを濾別した培養液との混液に硫酸アンモニアを加え，飽和度 0.3～0.9 の間で析出する沈澱を集め，これを少量の水に溶解して冷流水中で 48 時間透析した。そののち濾過して得られる濾液（約 150 m*l*）を粗酵素液として用いた。

粗酵素液 10 m*l* は燐酸緩衝液で任意の pH（2～7.5）に調節した後，これに α-ナフトール，没食子酸，ヴァニ



(A)　：ガスクロマトグラフィーで展開。

(B, F, I)：ジギトニン法でシトステリンの検出を行なう。また精油の分離を行なった。

(D, G)　：フェノール，水，ぎ酸 (75：25：1)；ブタノール，ぎ酸，水 (10：2：15)；酢酸エチル，酢酸，水 (3：1：1) を用いてペーパークロマトグラフィーで展開する。

(E, H)　：3% アンモニヤ水飽和のブタノール；ブタノール，エタノール，水 (5：1：4) および水飽和ベンゼンを展開剤としてペーパークロマトグラフィーで展開する。

(K, L, M)：ブタノール，酢酸，水 (4：1：5) とフェノール，1% アンモニヤ，青酸を用いて二次元展開を行なうと同時にブタノール，酢酸，水 (4：1：5) で 2～3 回展開して糖の検出を行なった。検出試薬はアニリン，ブタール酸混合試薬を用いた。

(J)　：再度エーテル抽出を行なって G, H, I の各区分に分けた。

第 1 図　試 料 抽 出 分 の 分 別 法

リン，ヴァニリルアルコール，フェルラ酸，コニフェリルアルコールなどの基質 1/50 モルを加えて 30°C で一定時間反応させ，反応生成物の量から基質に対する酵素の最適 pH を検討した。又酵素に対する阻害剤の効果についても実験を行なった。

実験結果

Lentinus edodes を原木および木くず培地に接種し，一定期間培養した場合の木材主要成分量の変化を第1表と第2表に示す。

第1表　*Lentinus edodes* 菌糸生育期間中におけるコナラ木粉の主要成分の変化

	培地の pH	全重量減少量 (%)	温水抽出液の原木粉に対して換算した成分量 (%) 全繊維素	リグニン	ペントーザン	タンニン	全窒素
原木粉	6.5	0.0	53.99	26.78	18.43	3.00	0.70
菌糸接種後 40 日経過した木粉	5.2	8.2	51.74	22.58	17.62	1.56	0.57
菌糸接種後 70 日経過した木粉	4.6	10.3	48.51	17.28	15.27	1.10	0.59
菌糸接種後 120 日経過した木粉	4.3	24.7	41.23	16.22	15.00	0.82	0.47

第2表　*Lentinus edodes* 菌糸生育期間中におけるナラほだ木および木粉の主要成分の変化

	培地の pH	全重量減少量 (%)	原試料に対して換算した成分量 (%) 易加水分解糖	全繊維素	リグニン	ペントーザン	タンニン	全窒素
原木粉	6.7	0.0	8.2	45.0	23.0	20.3	2.51	0.40
菌糸接種後 100 日経過した木粉	5.8	16.1	15.6	44.3	19.1	15.6	1.54	0.38
菌糸接種後 200 日経過した木粉	4.6	30.6	11.3	37.6	14.6	13.0	1.07	0.45
1年生ほだ木	6.2	8.9	15.1	42.6	20.3	19.0	2.11	0.35
2年生ほだ木	5.5	17.0	19.3	41.6	18.7	14.6	0.54	0.40
3年生ほだ木	5.0	20.1	12.6	37.7	16.4	12.8	0.59	0.43

上表から木材培地の pH はその種類に関係なく，*L. edodes* の生育期間が経過すると共に酸性側に傾き，大体 4～5 に落着くと云えよう。また各木材主要成分量の変化の模様から，*L. edodes* は全繊維素，リグニン，ペントーザンおよびタンニンを分解利用することが明らかになった。全窒素量については，木材および菌体中の含窒素化合物の全量を測定するためか，他の成分のような顕著な差異は認められなかった。また木くず培地を用いて長時間 *L. edodes* を培養した場合の木材主要成分の分解率を比較検討すると，全繊維素およびペントーザンの分解率が 20% 前後であるのに反し，リグニンの場合は 30% 前後となり，*L. edodes* はリグニンをも効果的に利用した。さらにナラ木粉試料から分離した全繊維素を α，β および γ-繊維素区分に分けた結果，第3表に示すように菌糸接種後 100 日以上になると，α-繊維素含量が著しく減少して β および γ-繊維素量が増加した。そしてこの結果と第1表および第2表に示す全繊維素，ペントーザンおよび易加水分解糖類の含量変化を比較検討すると，*L. edodes* の生育初期では繊維素以外の多糖類が比較的よく分解利用され，繊維素の利用は生育の後期ほど促進される傾向が認められた。

次に，ブナ原木粉，*L. edodes* を培養した木くず培地および生シイタケを，第1図に示すような操作によってそれぞれエーテル抽出し，次いでアルコール抽出して各区分に分け，抽出成分の同定を試みた。（第4表，第5表およ

第3表　*Lentinus edodes* 生育期間中における繊維素の分解

供試材料	α-繊維素	β-繊維素	γ-繊維素
ナラ原木粉	65.63 (%)	18.59 (%)	15.78 (%)
菌糸接種後100日経過したナラ木粉	61.06	23.76	15.23
菌糸接種後200日経過したナラ木粉	34.93	46.58	18.49

第4表　抽出物中の酸性物質のペーパークロマトグラフィの結果

展開剤	試料	検出有機酸				
		しゅう酸	コハク酸	α-ケトグルタル酸	フマール酸	マロン酸
フェノール：水：ぎ酸 (75：25：1)		*Rf* 0.18	0.66	0.42	0.63	0.48
	原木粉	−	−	−	−	−
	木くず培地	+	+	±	+	−
	生シイタケ	±	+	±	+	±(?)
ブタノール：ぎ酸：水 (10：2：15)		*Rf* 0.05	0.72	0.63	0.86	0.60
	原木粉	−	−	−	−	−
	木くず培地	+	+	±	+	−
	生シイタケ	±	+	±	+	±(?)
酢酸エチル：酢酸：水 (3：1：1)		*Rf* 0.07	0.78	0.38	0.40	0.61
	原木粉	−	−	−	−	−
	木くず培地	+	+	±	+	−
	生シイタケ	±	+	±	+	±(?)

註 1. 確認試薬はブロムフェノールブルーのアルコール溶液 (pH 9～10)

註 2. 木くず培地における有機酸の中で，しゅう酸は菌糸の生育が進んだ時は他の酸よりも著に検出されるが，きのこの発生が認められる状態ではかろうじて確認出来る程度であった。

第5表　抽出液中の芳香族化合物

化合物名	*Rf*		芳香族カルボニル化合物*1			芳香族酸化合物*2		
	3% アンモニア飽和ブタノール	水飽和ベンゼン	原木粉	木くず培地	生シイタケ	原木粉	木くず培地	生シイタケ
ヴァニリン酸	0.18	0.87				±	+++	±
プロトカテキン酸	0.82	0.90				−	±	−
ヴァニリン	0.70	0.57	±	+	±			
シリンギルアルデハイド	0.40	0.49	±	+	−			
アセトヴァニロン	0.75	0.63	−	+	±			
未知化合物 A	0.60	0.80	−	−	+			
未知化合物 B	0.67	0.82	−	−	+			
未知化合物 C	0.89	0.85	−	±	+			

註 *1　試薬試薬：2,4-ジニトロフェニルヒドラジンの5% 塩酸溶液とアゾベンゼンスルフォン酸

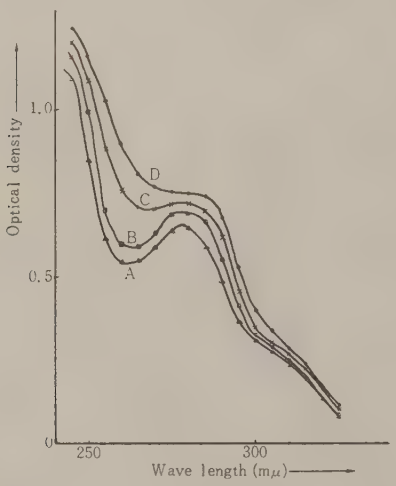
*2　確認試薬：1% 塩化第二鉄水溶液とヂアゾベンゼンスルフォン酸

び第2図参照)。第4表に示されているように，木くず培地で *L. edodes* を培養すると TCA サイクルに関与する 2, 3 の有機酸が生成される。特にしゅう酸の生成は菌糸生育が旺盛に多く，その後次第に検出される量が減少

し，痕跡程度になった。またポテート寒天培地上に 25 日間培養した菌糸群をホモブレンダーで磨砕し，エーテル抽出して得た抽出物にはしゅう酸，コハク酸，フマール酸が含まれていた。なお菌糸を培養した木くず培地とポテート寒天培地から揮発性酸としてぎ酸，酢酸およびプロピオン酸（?）が少量検出された。

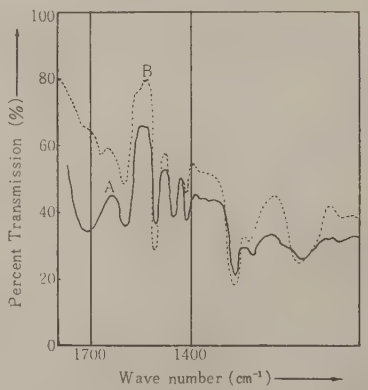
検出された芳香族化合物のうちでヴァニリン酸は菌糸が充分まん延した木くず培地から約 0.02% 結晶状（M.P. 208～209°C）で得られ，きのこの発生が認められる程度まで培養を続けてもその量には著しい変化は認められなかった。その他にヴァニリン，シリンギルアルデハイド，アセトヴァニロンおよびプロトカテキン酸（?）が検出された。これらの芳香族カルボニル化合物および酸がポテート寒天培地で *L. edodes* を培養しても生成されないこと，原木材中に含まれるヴァニリンやシリンギルアルデハイドより多くの量が腐朽木粉から検出されたことから，確認された芳香族化合物は *L. edodes* がリグニンを分解して生成する化合物であると言える。その他に *L. edodes* を繁殖させた木くず培地と生シイタケとからエルゴステリン，マンニット，トレハローズ（東大農林化編，林産化学実験書，1956），ブドー糖および芳香油（シイタケオールなどを含む）が，また原木粉および菌糸を培養した木くず培地には遊離の糖類としてブドー糖，キシローズ，マンノーズが存在することが確認された。そしてこれらの糖類は第 1 図に示す K，L および M 区分に，又エルゴステリンおよび芳香油は B および F 区分に含まれていた。

さらに，*L. edodes* によって試料中のリグニンが分解されることを明らかにするため，ブナ木粉から分離精製した BRAUNS の天然リグニンを含む人工培地で *L. edodes* を 30 日間培養し，残存リグニンの紫外部と赤外部の吸収スペクトル曲線を，もとのリグニンのそれらの曲線と照合した。その結果，腐朽木粉から分離されたリグニンの紫外部吸収スペクトルは，275 mμ 付近にリグニン特有の吸収極大の点があり，その位置の吸光度は *L. edodes* の生育期間が長くなるほど減少した。（充分腐朽させた場合にはこの極大点は消失し，メトキシル含量も 17.5% から 12.3% へと減少した）。それに反して腐朽リグニンの赤外線スペクトルでは，BRAUNS の天然リグニンに比べて 1700 cm^{-1} の吸収が増大し，リグニンのカルボニル基含量が腐朽によって増すことがわかった。（第 2 図および第 3 図参照）。



第 2 図　リグニンの紫外部吸収スペクトル曲線

A：ブナの BRAUNS の天然リグニン
B：ブナ木くずを *d* 培地中で 30 日間腐朽させて得たアルコールリグニン
C：BRAUNS の天然リグニンを *d* 培地中で 30 日間腐朽させたもの
D：ブナ木くずを *d* 培地中で約 5 カ月間腐朽させて得たアルコールリグニン



第 3 図　リグニンの赤外部吸収スペクトル曲線

A：BRAUNS の天然リグニンを *d* 培地中で 30 日間腐朽させて得たリグニン
B：BRAUNS の天然リグニン

L. edodes の生育期間中における培地の pH の変化を第6表に示す。ポテート培地上で菌糸が盛んに生育している間は，培地の pH と菌体の pH はほぼ等しいが，培地の炭素源が欠乏して菌体の生育が抑制されるようになると，菌体の全窒素量が減少して菌体内の pH がやや上昇する傾向が認められた。

第6表　ポテート培地上で *Lentinus edodes* を培養した時の菌体成分量と pH との関係

培養日数	10	30	50	60	80
菌体量 (gr)	0.20	0.45	0.85	1.40	1.51
全窒素量 (%)	0.22	0.25	0.36	0.52	0.48
トレハローズ (%)	13.21	14.70	11.70	10.07	7.52
培地の pH	6.0	5.4	4.7	4.3	4.1
菌体内の pH	5.9	5.1	4.5	4.4	5.0

BAVENDAMM 反応の最適 pH の決定には，菌体の生育が旺盛なポテート培地と菌体から調製した粗酵素液 10 m*l* に 1/50 モルの α-ナフトール又は没食子酸を加えて 30°C で2日間反応させ，その反応溶液に一定量のアルコールを加えて沈澱を溶解して光電比色計で呈色の濃さを測定する便宜的な方法を採用した。その結果，*L. edodes* の粗酵素液を用いた場合では pH 2～4 で BAVENDAMM 反応が最も起こりやすく，白腐菌の粗酵素を用いた場合よりその反応はゆるやかであるが，α-ナフトールおよび没食子酸を酸化し，呈色物質を多く生成した。(第7表参照)

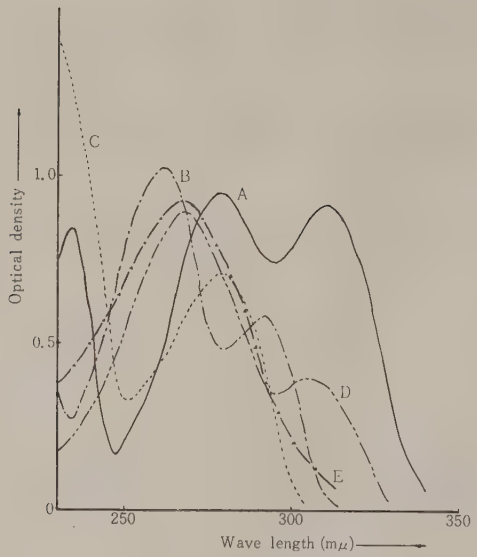
第7表　α-ナフトール又は没食子酸から生成する有色物質と pH との関係

基質の種類	酵素液の着色度						
	pH 1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0
没食子酸	+	++++	+++++	++++	++	++	+
α-ナフトール	+	++++	++++	+++	++	+	+
ブランク・テスト	±	±	±	−	−	−	−

註　*Lentinus edodes* の BAVENDAMM 反応は *Poria vaporaria* や *Fomitopsis pinicola* の場合より著しく弱い。

次いでリグニンに適応された菌体とその培地から上記の操作によって調整した粗酵素液 40 m*l* に同モル (1/50 モル) の他の基質を加えて，反応生成物の種類と代表的な代謝生産物の量をスペクトル法で求めた結果，粗酵素によるフェルラ酸，コニフェリルアルコール，ヴァニリルアルコールおよびヴァニリンの酸化は pH 6～7 が最も著しく，約 10 時間でヴァニリン酸の収量は最大となった (第4図，第5図および第6図参照)。また反応生成物を 3% アンモニア水飽和の ブタノールで展開したところ，ヴァニリンからは未知のカルボニル化合物 (*Rf*=0.35) とヴァニリン酸，ヴァニリルアルコールからはヴァニリンとヴァニリン酸のほかに 2～3 個の カルボニル化合物 (*Rf*=0.22, 0.35, 0.68)，フェルラ酸およびコニフェリルアルコールからはヴァニリン，ヴァニリン酸 および数種類のカルボニル化合物 (*Rf*=0.22, 0.35, 0.70) と未知のフェノール化合物 (*Rf*=0.38, 0.42) が生成されることが明らかになった。そこで基質にヴァニリルアルコールを用い，3×10⁻³ モルの青酸カリ，弗化ソーダまたは *p*-クロロマーキュロベンゾエートを加えて，粗酵素によるヴァニリン酸生成の阻害効果を調べた。その結果，阻害剤の種類によってヴァニリン酸の生成量には余り変化は認められず，阻害効果は 10% 以下であった。またこの型の側鎖酸化酵素は 55°C で5分間加熱すると完全に失活した。

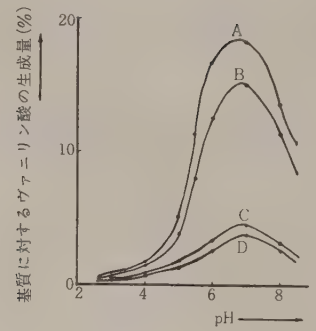
次に，同じ粗酵素液にフェルラ酸とコニフェリルアルコールとを加えて酵素作用によるリグニン様物質の生成を行なわせたところ，pH 3～5 で最もその生成量が多かった。(第8表参照) 直方粗酵素液に重金属酵素阻害剤，例えば 3～4×10⁻³ モルの青酸カリ，弗化ナトリュームまたは *p*-クロロマーキュロベンゾエートを添加する



第4図　グアヤシル系芳香族代謝生産物の紫外部吸収スペクトル曲線

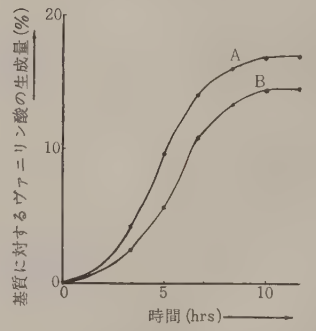
A：ヴァニリン
B：ヴァニリン酸
C：ヴァニリルアルコール
D：未知のヴァニリン代謝生産物（Rf=0.35）
E：未知のヴァニリルアルコール代謝生産物の1つ（Rf=0.68）

ことによってこのリグニン様の物質の生成はほとんど認められなくなり，同じ阻害剤によって BAVENDAMM 反応が著しく抑制された。



第5図　芳香族化合物からのヴァニリン酸の生成量と溶液の pH との関係
（反応：25°C で 10 hrs）

A：ヴァニリン
B：ヴァニリルアルコール
C：コニフェリルアルコール
D：フェルラ酸



第6図　ヴァニリンとヴァニリルアルコールからのヴァニリン酸の生成
（反応：pH 6.5）

A：ヴァニリン
B：ヴァニリルアルコール

第8表　フェルラ酸およびコニフェリルアルコールから生成するリグニン様物質の生成量と pH との関係

基質の種類	リグニン様物質の生成量						
	pH 2	3	4	5	6	7	8
ブランク・テスト	−	−	−	−	−	−	−
フェルラ酸	+	++	+++	+++	++	+	+
コニフェリルアルコール	+	++++	++++	++++	+++	++	+

考　察

木材腐朽菌の腐朽型の識別に用いられる BAVENDAMM 反応は，腐朽菌が出すラッカーゼの作用によって，BAVENDAMM 基質すなわちタンニン酸，没食子酸，α-ナフトールなどが酸化されて，有色物質を生成するものであることは既に述べたところである（福住 1953；樋口 1953 a, b, 1954；1957）。このラッカーゼ型のフェノールオキシダーゼがコニフェリルアルコールからリグニン様の物質を生成することは，FREUDENBERG, HARKIN & FUKUZUMI (1958) や樋口 (1957) らの研究によって既に明らかにされているが，白腐菌のラッカーゼがリグニン分解で果たす役割については未だ明らかでない。樋口 (1953 a, b, 1954) は *Coriolus hirstus* から得られるラッカーゼ型の酸化酵素はポリフェノールを酸化するが，リグニンは分解しないと述べている。しかし *Coriolus versicolor* や *Poria sabacida* をリグニンを含む培地に生育させると，これらの菌体から出される酵素によってリグニンが分解されることは衆知の事実である（東大農林化編，林産化学実験書，1956）。VAN VLIET (1954) はリグニン酸化酵素はフェノール酸化酵素であると述べ，LAW (1955) はラッカーゼの生成とリグニンの分解能との間に一定の関係が存在するが，リグニン分解酵素の性状については不明であると述べている。

最近，福住 (1959) は *Poria sabacida* をリグニン含有培地で培養し，その培養液および菌体抽出液に硫酸アンモニアを飽和して粗酵素を得，ラッカーゼ活性を測定した結果から，BAVENDAMM 反応の最適 pH は 2～3 であるのに反し，リグニンの仮定前駆物質である *p*-ヒドロオキシ-*m*-メトキシフェニルピルビン酸は pH 4～5 で脱炭酸してメトキシホモゲンチジン酸を生成し，この反応過程の初段階においてフェノールオキシダーゼが作用すると推定している。また福住は *P. sabacida* を培養した培養液から，リグニン分解生成物である *p*-ヒドロオキシ-*m*-メトキシフェニルピルビン酸，グァヤシルグリセロール-β-コニフェリルエーテルとヴァニリン酸様の物質が得られることをペーパークロマトグラム法で同定している。又 FARMER, HENDERSON & RUSSELL (1960) は *Polystictus versicolor* の培地中に芳香族アルコール酸化酵素が存在することを明らかにしており，リグニンの複雑な構造から考えて，このような作用を持つ酵素がリグニンの分解に重要な役割を果たすもののように思われる。

著者らは *Lentinus edodes* の腐朽型が白腐型と赤腐型との中間に位し，腐朽初期においては他の木材成分より利用しやすいヘミセルローズをより多く分解し，その後次第にリグニンや繊維素を利用することに着目し，*L. edodes* によるブナ木材成分，特にリグニンの分解生成物を検索した。その結果，福住が述べている *P. sabacida* の場合と多少おもむきが異なり，リグニンの分解生成物としてヴァニリン，シリンギルアルデハイド，アセトヴァニロン，プロトカテキン酸，ヴァニリン酸が同定された。そしてヴァニリン酸が他の分解生成物よりも多く生成することを知った。またリグニンは *L. edodes* の作用によっ変質を起し，その分解過程でカルボニル基の量が増加することが明らかとなった。さらに木くずおよびほだ木培地の pH の変化と生成する有機酸の検索の結果から *L. edodes* は木材成分を利用してしゅう酸，フマール酸，コハク酸，マロン酸などの有機酸を生成し，培地の pH を 4～5 に保つことが判明した。特にこの菌の場合では，多くの白腐菌に見られるようにはしゅう酸の蓄積が著しくなかった。*L. edodes* の生育時の pH は白腐菌である *Poria vaporaria* や *Fomitopsis pinicola* の最適 pH 1.5～2.0 より弱い酸性側に存在した。上記2つの腐朽菌の BAVENDAMM 反応は *L. edodes* のそれより顕著であり，この反応に関与するラッカーゼ型のフェノールオキシダーゼの最適 pH は 2～4 であるといわれている。*L. edodes* から分離された粗酵素液について BAVENDAMM 反応を試みた結果，やはり pH 2～4 に最適 pH が存在した。しかるに *L. edodes* の生育時における pH 4～5 はこの最適 pH よりやや高い。このことから *L. edodes* の中のラッカーゼは白腐菌の場合にみられるように充分な酵素的な作用力を発揮しないものと推察される。

L. edodes 菌糸群をリグニンに適応させて得た粗酵素液に，フェルラ酸，コニフェリルアルコールを作用させてリグニン様物質の生成量を調べた結果，pH 3～5 でその生成量が最も多く BAVENDAMM 反応で調べたラッカーゼの最適とほぼ一致した。しかしリグニンや芳香族化合物を分解してヴァニリン酸を生成する酸化酵素の最適 pH は 6～7 であり，この酸化酵素の活性は *p*-クロロマーキュロベンゾエート，青酸カリおよび弗化ソーダなどで余り抑制されなかった。それに反しフェルラ酸やコニフェリルアルコールからリグニン様物質の生成に関与するラッカーゼ型のフェノールオキシダーゼはこれら抑制剤によって著しく阻害され BAVENDAMM 反応も抑制された。

以上述べたことや福住の実験結果を合わせ考えるとおそらくリグニンは *L. edodes* が出す各種の酵素の作用によって逐次分解されて低分子のものとなり，フェノール性水酸基が増加すると共に一層酸化されやすくなり，4-ヒドロオキシ-3-メトキシフェニルピルビン酸系の C_6-C_3 系の単量体を生成したのち，ヴァニリン酸に変化されるものと推察される。いずれにしてもリグニンのような複雑な化合物が単一の酵素で直ちに簡単な化合物にまで酸化されるとは考えにくく，段階的に分解されて比較的簡単なフェノール性水酸基をもつ小片となり，その後ラッカーゼ型のようなフェノール酸化酵素や側鎖の酸化酵素が作用して分解利用されるものと云えよう。

摘　　要

Lentinus edodes を接種したコナラおよびクヌギのほだ木または木粉を用い，その生育期間中における木材の主要成分量の変化を測定して，*L. edodes* の木材腐朽型が白腐型と赤腐型の中間に位することを明らかにした。またブナ木粉から分離した BRAUNS の天然リグニンと木粉とを *L. edodes* で分解してその分解生成物を検索し，また残存リグニンの性状について調べたところ，*L. edodes* によってリグニンは分解され，カルボニル含量およびスペクトルに変化が起こり，その分解生成物としてヴァニリン，アセトヴァニロン，シリンギルアルデハイド，ヴァニリン酸およびプロトカテキン酸（?）などが存在することが立証された。一方各種培地の pH は *L. edodes* の接種によって pH 4～5 まで低下し，検出された有機酸はぎ酸，酢酸，フマール酸およびコハク酸などであった。またリグニンに適応させた *L. edodes* の菌体および培養液から分離した粗酵素液の性状および基質に対する反応性を検討したところ，BAVENDAMM 反応に関与するラッカーゼ型のフェノール酸化酵素の最適 pH は 2～4 で，コニフェリルアルコールおよびフェルラ酸からリグニン様物質を生成する場合の最適 pH 3～5 であるが，ヴァニリン，コニフェリルアルコールおよびフェルラ酸からヴァニリン酸を生成するときの最適 pH は 6～7 であり，これらの結果および阻害剤の効果に関する結果から，ヴァニリルアルコールおよびヴァニリンからヴァニリン酸を生成する酸化酵素は，他のフェノール酸化酵素のような重金属酵素ではないことが判明した。

引　用　文　献

1. BRAUNS, F. E. (1939): J. Am. Chem. Soc. **61**: 2120.
2. —— (1945): J. org. Chem. **10**: 211.
3. FAHRENS, G. (1949): Ann. Roy. Agr. Coll. Sweden. **16**: 618.
4. FARMER, V. C., HENDERSON, M. E. K. and RUSSELL, J. D. (1960): Biochem. J. **74**: 257.
5. FREUDENBERG, K., HARKIN, J. M. and FUKUZUMI, T. (1958): Chem. Ber. **91**: 581.
6. 福住俊郎 (1953): 日林誌. **35**: 139.
7. —— (1959): 木材誌, **5**: 222.
8. ——, 中瀬　忠 (1960): 第 10 回日本木材学会大会講演集: 71.
9. FUKUZUMI, T. (1960): Bull. Agr. Chem. Soc. Japan. **24**: 728.
10. HENDERSON, M. E. K. (1955): Nature. **175**: 634.
11. 樋口隆昌 (1953 a): 日林誌. **35**: 77.
12. ——, 川村一水 (1953): 日林誌　**35**: 350.
13. —— (1954): 日林誌. **36**: 22.
14. ——, 川村一水 (1955): 日林誌. **37**: 298.
15. HIGUCHI, T. (1957): Physiol. Plant. **10**: 356, 621, 633.
16. 岩出亥之助 (1958): キノコ類の培養法（地球出版）: 40.
17. LAW, K. (1950): Ann. Bot. **14**: 69.
18. —— (1955): Ann. Bot. **19**: 561.
19. 右田伸彦 (1943): パルプ及製紙工業実験法（共立出版）: 20, 61.
20. 芝本武夫, 福住俊郎 (1652): 東大演習林報告: 43, 105.
21. 東大農学部林産化学教室編 (1956): 林産化学実験書（産業図書）: 200, 203.
22. Van VLIET, W. F. (1954): Biochemica et Biophysica. Acta **15**: 211.

変温環境ならびに子実体形成過程における シイタケ菌糸の形態的変化*

小 松 光 雄

Mitsuo KOMATSU: Morphological characters of the hyphae of *Lentinus edodes* (BERK.) SING., grown under the fluctuated temperatures and those during fruiting.

Résumé

1. The monokaryotic- and dikaryotic hyphae of *Lentinus edodes* (BERK.) SING. were cultured on the potato sucrose agar for 10 days at 25°C, then they were kept for 3 weeks under the three series of daily fluctuation of temperatures which were regulated at every 6-hours-interval, *i.e.*, the daily fluctuation at the rather lower temperatures (5-10-15-10-5°C), at the moderate (10-15-20-15-10°C), and at the higher ones (15-20-25-20-15°C). After those treatments, the morphological characters of the hyphae of the respective plots were compared with those of the non-treated which were cultured continuously at 25°C, the optimum temperature of growing the fungus under consideration.

2. In general, the length and width of cells of the hyphae grown under the fluctuated temperatures were larger than those under the constant optimum temperature, 25°C. The papillate cells at apex of the aerial hyphae were the characteristic of the hyphae grown under the temperature fluctuation.

3. Due to temperature fluctuation, the dikaryotic hyphae developed into rather compact hyphal mats and lastly yielded primordia of the fruiting bodies on the liquid medium of potato extract, saw-dust mixed with rice-bran or log-woods. Among the constituting cells of the mat, those at the base of the primordia were enlarged and rich in nutriments with thicker membrane.

4. It was found that the pseudoparenchym of the fruiting bodies of *L. edodes* is consisted of the cells which are shorter and wider in shape with thicker membrane and less in number of clamps in comparison to the cells of the vegetative hyphae.

ま え が き

傘菌類の子実体は，栄養菌糸が形態的変化をしたものの集合体であり，子実体の発育は栄養菌糸を通って培養基質から移行される栄養成分によって行なわれるといわれている。

MADELIN (1960) は *Coprinus lagopus* について栄養菌糸の形態的変化によって子実体形成がなされ，その発育はその栄養菌糸内の多量の物質の移行によるものであることを明かにしている。また寺川 (1957) は *Pleurotus ostreatus* について子実体形成時に菌糸の形態的変化のあることを明かにした。

本報告では，シイタケ菌糸が連続的な温度変化により，また栄養菌糸から子実体形成に至る間，どのような形態的変化を示すかを述べる。

* 鳥取菌蕈研究所研究業績 第6号 (Contributions from the Tottori Mycological Institute. No. 6)

I 実験材料および方法

供試二核菌糸は当研究所に保存している菌株 *85*, *86*, *90*, *570*, *606* の5系統であり，供試一核菌糸は菌株 *18*, *77*, *83*, *111* の子実体より単胞子分離したものである。

二核菌糸を馬鈴薯・蔗糖寒天平面培地で，25°C, 10日間培養した後，5～10～15～10～5°C, 10～20～15～10°C, 15～20～25～20～15°C の変温処理を行なった。一核菌糸は馬鈴薯蔗糖寒天斜面培地に 25°C, 20 日間培養した後，同様に 10～15～20～15～10°C の変温処理をした。これらの二核菌糸ならびに一核菌糸を 25°C の恒温で培養した菌糸と比較することにより，温度変化による形態的変化を調べた。

栄養菌糸体から子実体形成にいたる菌糸の変化は系統 *570* の二核菌糸を馬鈴薯煎汁液体培地又は鋸屑米糠（10：1）混合培地で 25°C, 30 日間培養してから 10～15～20～15～10°C の変温処理したもの，およびコナラ（*Quercus serrata*）の原木で 24 カ月間培養し，子実体形成を1回完了した榾木を 60 日間室内に放置，乾燥させた後，2昼夜浸水，打木してから同様の変温処理を施したものについて調べた。

栄養菌糸と子実体各部を構成している菌糸との形態を比較するためには，子実体の各部をニワトコ（*Sambucus sieboldiana*）の髄に挟み，菌柄，菌褶は垂直方向に，菌傘表面，内部，および周縁部は水平方向に切片を作り鏡検した。

II 観 察 結 果

二核菌糸および一核菌糸を変温処理した場合，培養基面の菌糸は恒温培養のものと比較して細胞の長さ，大きさに差異が見られ特に培養基面の菌糸から分岐発育する気生菌糸に特異な形態が現われたがその模様は，系統によって差があった。また二核菌糸の方が一核菌糸よりも一般にその変化が著しかった。

A. 培地上の菌糸の変化

恒温条件で発育する二核菌糸の形態は直線的で細胞は細長く幅が均一であるのに対し，変温条件に発育する菌糸は屈曲するかまたは直線的で，細胞は短かくて膨大し，幅は不均一である。又菌糸の分岐度は恒温条件では小さく，変温条件では著しく大きくなっている。

第1表 恒温，変温条件における菌糸細胞の長さ，幅および分岐間隔

温度条件	菌糸細胞の長さ（μ）		菌糸細胞の幅（μ）		分岐間隔（μ）	
	主菌糸	分岐菌糸	主菌糸	分岐菌糸	主菌糸	分岐菌糸
恒温条件	300～1000(650)	50～140 (95)	4.5～5.5(5.0)	2.3～3.5(2.9)	400～900(650)	10～200(105)
変温条件	50～500 (275)	5～50 (28)	6.0～7.0(6.5)	2.0～2.5(2.3)	50～400(225)	2～30 (16)

1. 気生菌糸の形態的変化 変温環境が与えられると菌叢周縁部の気生菌糸が異常な上向きの発育を始め，下に述べるような異常分岐が行なわれ菌糸密度を増し，次第にその面積を増加して遂には培地全面を被う気生菌糸膜になり，これらは最後には褐色に変色を始める。

気生菌糸の異状分岐は気生菌糸の生長端の細胞若しくは 2～3 番目の細胞の周囲全面から最初僅かな突起として発生し，3.5～12 μ にまでのびるが，全体としては多数の突起を有する1個の細胞である。

この異常分岐は恒温条件では全く認められなかった。異常分岐の出現に要する時間は第2表に示す如く二核菌糸の系統によって差異があり，一核菌糸の場合は異常変化に 30 日以上を要した。

2. 多突起菌糸 この多数の突起をもつ細胞からなる菌糸を“多突起菌糸”と呼ぶことにするが，これは初期に於ては白色であるが成熟するに従って細胞内に黄褐色から茶褐色の色素を形成して肉眼的には培地表面菌糸が

菌糸褐色となり老化を思わせる。この褐変した菌糸を馬鈴薯蔗糖寒天培地に移植し，25°C で培養すると新しい菌糸が再生してくるが，これには2種類あって，その一つは 150～300×1.5～2.3 μ の細胞が連らなって成長する菌糸である。他の一つは 30～80×2～3.5 μ の細胞で分岐間隔 6～60 μ の非常に分岐が多く部分的に膨大した菌糸が主菌糸となり，それより長き 10～10 μ，分岐間隔 2.5～20 μ の膨大，屈曲の多い菌糸を分岐する菌糸である（図版 III，第4～5 図）。

3. 形態的変化と温度　同一菌体を三つの変温処理区で試験した結果第2表に示す如く，系統 *86* は 15～25°C，10～20°C で5日間，系統 *85*, *570* は両区ともに 10 日間，系統 *606* は 15～25°C で5日，10～20°C, 5～15°C で 10 日を要し，*606* 以外の系統は 5～15°C で他の2処理区よりも長時間を要し，特に系統 *90* は何れの処理区でも他の系統に比べ長時間を要した。従って形態的変化を起すに要した時間は処理温度の如何を問わなければ系統 *86*, *606*, *570*, *85*, *90* の順であった。

第2表　多突起発現の日数

系統	温度条件および日数		
	15～25°C	10～20°C	5～15°C
	日　数	日　数	日　数
85	10	10	20
86	5	5	10
90	15	20	25
570	10	10	15
606	5	10	10

第3表　椎木および鋸屑培地に於ける各系統の子実体発芽温度

温度条件	系統				
15～25°C		*86*		*570*	*606*
10～20°C	*85*	*86**	*90*	*570**	*606**
5～15°C	*85**	*86*	*90**	*570*	*606*

*　子実体の発芽適温を示す。

なお，これら5系統の椎木培地および鋸屑培地での子実体発芽温度は第3表に示す如く，系統 *86*, *570*, *606* は3つの温度処理区を通じて発芽したが，10～20°C に於て最も発芽が容易であり，系統 *85*, *90* の発芽適温は 5～15°C であった。

B.　子実体形成過程における菌糸の形態変化

1. 子実体原基形成　実験方法で述べたように各培地に発育した菌糸体を変温処理し，子実体形成過程に起る共通な菌糸の形態変化の模様を観察した。

麦芽煎汁液体培地，馬鈴薯蔗糖寒天培地，椎木培地のいずれの場合もいろいろな形態に変化した菌糸が菌糸束を形成し，これらは相互に絡合して 100～250 μ の厚みを有する菌糸膜に発育し，これより子実体原基を形成した。

子実体原基形成に至るまでの状態は各培地によって多少異なるが，液体培地の場合は菌糸表面に白色綿毛状の菌糸からなる菌糸束が形成され次第に体積を増すと同時に菌糸束は相互に結合を密にし，菌糸は次第に組織化した。この時期になると将来傘と柄となる部分の分化が明瞭となり，子傘となる部分は原基内部から内質化して濃褐色を呈し，その表面に長さ 200～1500 μ の菌糸が上側に向かって密生し，子柄となる部分の組織化は不完全で表面が菌糸束で包まれた状態である。

麦芽煎汁寒天培地，馬鈴薯蔗糖寒天培地，椎木培地では表面に厚さ 3～5 mm の部分に菌糸膜を発育し，椎木培地では内質部被維間および形成層に層をなして菌糸束の出来るが，菌糸束はクランプ（clamp）形成が少なく直径 4～6 μ の細胞壁が肥厚し，細胞内は内容物で充たされている菌糸からなっている。これらの菌糸にはところどころに非常に膨大した，細胞壁の厚い 60～120×8～16 μ の細胞が見られる（図版 IV，第 7～8 図）。

この膨大した細胞は子実体の発育中は大部分が細胞内容物で充たされているが，発育完了した子実体の菌糸膜の下部，すなわち内容物の消費された細胞内が空洞となりこれらの細胞の存在や細胞壁の肥厚が明瞭になってくる。

椎木内部被維間および鋸屑培地内に発育した菌糸は，表面に発育した菌糸膜に続き菌糸は培地表面に発育して融合と分岐を

繰返し直径 5～10 mm の菌叢になり，上向きの気生菌糸が盛に発育して菌糸塊を形成する。この菌糸塊が中心となり周囲の小さな菌糸叢を加えて次第にその高さを増し中心部は組織化し原基を形成する。この原基の周囲の菌糸は分岐を繰返し表面に新に菌糸膜を形成するが，これは子実体の大きいもの程大きい（図版 V，第 7 図）。

子実体原基が出来た当初，この菌糸膜は極く薄く柔かい綿毛状菌糸がたがいに連結している状態であるが，子実体が発育するに従って分岐，融合が盛んになって結合が密になり強緊な厚い菌糸組織に発育してくる。この菌糸組織を構成している菌糸も，初期は 150～350×2～2.5 μ の細長い細胞からなる菌糸で細胞内は内容物で充たされているが，発育が完了した子実体周辺の菌糸の細胞は 70～250×2～5 μ で分岐間隔が小さく，不規則な広狭があり，内容物が消失したり空胞が多く存在する。この菌糸膜より生ずる気生菌糸にも図版 IV，第 6 図の如き多くの突起が認められる。

第 4 表　液体培地，鋸屑米糠混合培地および榾木内皮部表面に形成される菌糸

培地	菌糸の種類							
	主菌糸		分岐菌糸		多突起菌糸		菌柄着生部の導管状菌糸	
	細胞の長さ (μ)	細胞の幅 (μ)	細胞の長さ (μ)	細胞の幅 (μ)	細胞の長さ (μ)	細胞の幅 (μ)	細胞の長さ (μ)	細胞の幅 (μ)
馬鈴薯煎汁液体培地	150～350	4.7～7.0	15～80	2.5～3.0	15～55	3.5～9.0	—	—
鋸屑米糠混合培地	120～340	3.5～9.0	25～90	2.5～3.0	20～60	2.0～10	60～120	8～16
榾木培地	100～320	3.5～6.0	20～70	2.0～2.5	15～50	2.5～15	60～120	8～16

鋸屑，榾木両培地では培地内部の菌糸膜と子実体菌柄との連結部位に導管状菌糸が，また液体培地では長さ 20～100 μ の細胞からなる透明菌糸（図版 V，第 4 図）が見られた。

2. 子実体の各部菌糸の形態　子実体は菌柄，菌傘，菌褶の 3 つの部分からなり各部によって菌糸の形態が異なっている。

菌柄を構成している菌糸は細胞膜が肥厚し内部が管になっている導管状菌糸，細胞膜が厚く幅の大きい菌糸，或は幅の小さい菌糸の 3 種類の菌糸（第 5 表，図版 VI，第 1, 2, 3 図）が平行して束状にならび固い組織になっている。導管状菌糸は細胞膜の厚さが 3～7 μ，内腔の直径は 3.5～9 μ，菌糸の直径は 8～20 μ で，内腔は原形質で充たされているがブラウン運動をしている顆粒が認められることもある。

第 5 表　子実体各組織を構成している菌糸

組織	菌糸の種類	細胞の長さ (μ)	細胞の幅 (μ)
菌柄組織	細胞膜の厚い菌糸	40～240	4～ 12
	細胞膜の薄い菌糸	35～210 100～180	4.5～12.0 2.3～ 4.5
菌傘組織	菌傘表面近くの菌糸	30～ 80	2.3～ 6.0
	菌傘組織内部の菌糸	50～170	7.0～12.0
	菌傘周縁部組織の菌糸	15～ 40 40～ 80	7.0～15.0 3.0～ 4.5
菌褶組織	子実層 担子器	13～ 18	5.0～ 7.0
	子実層 稔嚢体	17～ 20	6.0～ 9.0
	子実層 嚢状体	10～ 15	3.0～ 6.0
	子実層 小生子梗	2.0～ 4.0	1.0～ 1.5
	子実下層	5.0～10.0	2.5～ 4.0
	実質	25～ 70	4.5～ 7.0

菌傘組織は表面附近部，内部，周縁部によって菌糸の大きさが僅かながら異なっている（第5表）。表面に近い300～400 μ までの部分は菌傘表面に平行に走る菌糸の層からなっており，その細胞中に淡黒褐色の色素が含まれている。

さらに，表面から400 μ 以上の内部は細胞膜の薄い丸味をおびた菌糸が疎にからみ合って綿状の柔かい組織を形成している。周縁部は内部に比して長さが短く，幅の大きい丸味をおびた細胞からなる菌糸が比較的緻密にからみ合って柔かい菌糸組織になっている。

菌褶は大きく分けて子実層，子実下層，実質の三つの部分からなっており（図版 VII，第4～8図），子実層は襞状の担子器とやや先のとがった嚢状体および頭状，広楕体形の後嚢体からなり，実質の周囲に厚さ 25～30 μ の層を作ったらなっており，子実下層は実質の菌糸と担子器，嚢状体，後嚢体とを連結している長さ 5～10 μ の細胞が 2～3 層連なった菌糸層からなっている（第5表）。

実質は細胞の細長い菌糸が褶の軸に平行に連なり，上下左右にからみ合って緻密な組織になっている。

III 考　　察

シイタケ二核菌糸は栄養成長し，変温環境で子実体が形成される変温結実性の菌類であるといわれている（広江，応用菌蕈学研究，1941）。本試験結果の第1表は恒温環境と変温環境における菌糸細胞の大きさ，幅，分岐間隔を比較したもので主菌糸および側枝菌糸のいずれの場合も明らかに差異が現われている。特に変温環境での分岐して出来た気生菌糸に著しい特徴が認められた。

寺川（1957）は *Pleurotus ostreatus* で恒温 25°C で培養すると寒天面を水平方向に発育するが 10～15°C の低温環境にやゝ垂直に発育方向が乱れて寒天面を延びる菌糸から分岐した気生菌糸が異常な分岐と融合を繰返して発育を始め，これらの菌糸は直線的な細胞の長い菌糸には発育しないことを述べ，恒温条件で発育する二次菌糸に対して，これら異常発育菌糸に三次菌糸という名称を与えている。更に菌糸の生長速度は二次菌糸，120～960 (600) μ/24 hrs，三次菌糸 450～1000(800) μ/24 hrs，細胞長は二次菌糸 20～200(100) μ，三次菌糸 11～72(30) μ の如く変温，恒温両環境で菌糸の発育，形態に差のあることを指摘している。*Lentinus edodes* においても第1表に示す如く *Pleurotus ostreatus* と同じ傾向が認められるものといえる。

変温環境に移した結果，気生菌糸の先端細胞に形成される多突起菌糸（図版 I）は恒温環境では認められない特異な形態である。この多突起菌糸は一核菌糸（図版 III，第8図），二核菌糸の両者に現われるから核の単複には無関係と考えられるが，形態的変化の速度には明らかに差が認められる。多突起菌糸は馬鈴薯煎汁液体培地，馬鈴薯葡萄寒天培地，試層培地，雑木培地の菌糸膜の気生菌糸に共通に見られるから培地とは関係がなくて温度変化によるものと考えられる。

多突起菌糸発現に要する時間は系統によって異なっていることから（第2表），温度に対する感受性は系統によって差があると考えられる。二核菌糸に現われる多突起菌糸を各系統の温度に対する感受性の指示物として考えると，第2表に示す系統 *86*，*570*，*606* が系統 *85*，*90* に比して多突起発現日数が少ないことと，第3表に示す各系統の発芽温度範囲の相違と関係あるようにも考えられる。

培地に発育する栄養菌糸，寺川（1956，1957）がいう二次菌糸は恒温環境から発芽適温の変温環境に移されることにより，漸次形態的変化を起し子実体形成，栄養物質貯蔵，栄養分供給等のそれぞれの機能を持つ菌糸に分化するものと考えられる。

寺川（1957）によれば，*Pleurotus ostreatus* は恒温環境から変温環境に移すと上向きの気生菌糸の発育が旺盛になり，分岐と融合を繰返して菌糸密度を増し，いぼ状突起物に発育する。これらのいぼ状突起はシャーレ内寒天培地では約 20 以上現われ直径 100 μ に達して子実体原基が形成されるという。

Lentinus edodes においても液体培地では培地表面の気生菌糸塊によって，また試層培地では培地表面に近い内部の菌糸密組織に塊を発生し気生菌糸塊，雑木培地では木部および木質部繊維組織間隙に出来た菌糸膜に塊を発して内皮部表面に発育した気生菌糸塊によって子実体の形態形成がなされている。

MADELIN（1960，1961）は 25°C 7 日間培養した *Coprinus lagopus* を菌叢周縁の菌糸の中，寒天表面から

7 mm 以上の内部に発育したものの1部が極端に膨大し，太さが 10～15 μ の非常に屈折性のある，IKI で赤褐色に染色される内容物を充たした菌糸となり，これは子実体が発育するに従って細胞内に空胞が形成されることから，子実体の発育に必要な栄養物質を貯蔵する細胞であると述べている。*L. edodes* においても液体培地表面菌膜上に形成された子実体の着生部位に見られる透明菌糸（図版 V，第4図）や鋸屑，榾木両培地の菌柄着生部位の菌に発育する細胞膜が肥厚して，1部が極端に膨大した菌糸は（図版 IV，第7～8図）子実体の発育初期には細胞内容物で充たされているが，発育するに従って空胞が形成され透明となり肥厚した細胞膜だけが明瞭に観察されるようになることから，これらの細胞が子実体発育に必要な栄養物質を貯蔵する役目をしているものと考えられる。

この空胞発現について BULLER (1931) は *Polyporus squamosus*,, その他の多くの幅菌類は子実体の発育が始められると菌糸内の膨圧によって菌糸内の原形質が流れ始め，子実体の成長につれて菌糸内の空胞の容積が増すことを述べ，MADELIN (1956 a) は 12 日間培養した *Coprinus lagopus* で，栄養菌糸の乾燥重量が1日に 37.2 mg から 22.0 mg に減少し，同時に子実体の収量が同重量だけ増えていたことを述べ，子実体発育に必要な栄養物質の移行は膨圧によって生ずる原形質流動によって行なわれることを認めている。*L. edodes* においても子実体菌柄着生部位附近の菌糸膜の菌糸は細胞中に多くの空胞が認められた。寒天培地表面の先端の菌糸および分岐，融合の旺盛な気生菌糸が細胞内容物で充たされているのは以上の理由によって菌糸の成長端に栄養物質が移行されている結果と考えられる。

摘　　要

1. *Lentinus edodes* (BERK.) SING. の子実体より組織分離した二核菌糸体および単胞子分離した一核菌糸体の数系統を馬鈴薯蔗糖寒天培地に 25°C, 10 日間培養した後，6時間間隔で 1) 5～10～15～10～5°C, 2) 10～15～20～15～10°C, 3) 15～20～25～20～15°C の3通りの連続的温度変化を与え，時間的経過にともなう菌糸の形態的変化を顕微鏡的に観察し 25°C 恒温にて培養した菌糸との差異を調べた。

2. 馬鈴薯煎汁液体培地，鋸屑米糠混合培地および榾木培地に生長した二核菌糸体に変温処理を行ない菌糸の栄養成長から子実体形成に至る間の形態的変化を観察した。

3. 恒温条件で発育する二核菌糸は直線的で細胞の大きさは 300～1000×4.5～5.5 μ，菌糸の分岐間隔は 400～900 μ のものが主菌糸であるのに対し，変温条件では膨大，屈曲の多い，細胞の大きさ 50～500×6～7 μ，分岐間隔が 50～400 μ の菌糸が主菌糸となっていて変温による形態的変化が認められた。また変温処理をしたものでは供試菌糸体の系統に関係なく気生菌糸の異常発育が起こり菌糸密度を増し，最先端或は第 2，第3番目の細胞の全周囲に多くの突起が発現し変温の時間的経過とともに細胞内に褐色の色素が形成された。この多突起気生菌糸を馬鈴薯寒天培地に移植したところ，大きさ 150～300×1.5～2.3 μ の細胞からなる直線的な菌糸と，大きさ 30～80×2～3.5 μ の細胞からなる菌糸との2種類の菌糸が生じた。

4. 一核菌糸においても多突起菌糸が生ずるが，発現に要する時間は二核菌糸に比して 4～5 倍を要した。

5. 栄養成長した菌糸は連続的な温度変化によって形を変えて色々な機能を持つ菌糸となり，更に菌糸相互の分岐，融合を繰返して菌糸束から菌糸膜へと発育する。

6. 菌糸膜は液体培地では液表面に，鋸屑培地では表面から 3～5 mm 深さの部位に，榾木培地では内皮部木繊維間に発育し，これより生ずる子実体原基が容積を増加する時に栄養的に役立つものと思われる。

7. 子実体の菌柄着生部周辺には菌糸の1部が膨大伸長した導管状の，細胞膜の厚い，内容物で充たされている菌糸が存在するが，これらは子実体が発育した後は内容物が消費され，内部が透明となり肥厚した細胞壁だけが観察される。

8. 菌糸膜より生じた気生菌糸の先端細胞にも多突起が観察された。

9. 子実体を構成している菌傘，菌柄，菌褶はそれぞれ組織の機能に応じたいろいろな形態の菌糸が密或は疎に結合し合って出来ている。

本研究を遂行するにあたり，とくに懇切なる教示を賜わった本村周二博士（岡山大学理学部助教授，本研究所主任研究員），ならびに武丸恒雄博士（岡山大学理学部講師，本研究所研究員）に深く感謝の意を表する。

参考文献

1. BULLER, A. H. R. (1933): Researches on fungi. **5**: 142～149.
2. 広江　勇 (1941): 最新応用菌藪学. 343～351.
3. MADELIN, M. F. (1956a): Studies on the nutrition of *Coprinus lagopus* Fr., especially as affecting fruitbody. Ann. Bot. Lond. N. S. **20**: 307～330.
4. ―― (1956 b): The influence of light and temperature on fruiting of *Coprinus lagopus* Fr. in pure culture. *Ibid.*, **20**: 467～480.
5. ―― (1960): Visible changes in the vegetative mycelium of *Coprinus lagopus* Fr. at the time of fruiting. Trans. Brit. Mycol. Soc. **43**: 105～110.
6. TERAKAWA, H. (1956): Studies on the morphogenesis in *Pleurotus ostreatus*. Sci. Pap. Coll. Gen. Educ. Univ. Tokyo. **6**: 61～87.
7. ―― (1957): The nuclear behavior and the morphogenesis in *Pleurotus ostreatus*. *Ibid.*, **7**: 61～88.

図版説明

図　版　VII

第 1～8 図 二核菌糸 *86* の変温処理によって気生菌糸に現われた多突起菌糸，馬鈴薯蔗糖寒天培地使用。

第 1 図. 5～10～15°C, 10 日間培養のもの。×170.

第 2 図. 同上処理, 20 日間培養のもの。×170.

第 3 図. 10～15～20°C, 10日間培養のもの。×170.

第 4 図. 同上処理, 20 日間培養のもの。×170.

第 5 図. 15～20～25°C, 10 日間培養のもの。×170.

第 6 図. 同上処理, 20 日間培養のもの。×170.

第 7 図. 10～15～20°C, 20 日間培養で，菌叢中心部のもの。1 目盛, 2.3 μ.

第 8 図. 同上条件で菌叢周縁部付近のもの。1 目盛, 2.3 μ.

図　版　VIII

馬鈴薯蔗糖寒天培地表面の菌糸の比較。1 目盛, 2.3 μ.

第 1 図. 二核菌糸 *85* を 25°C, 20 日間培養した場合。

第 2 図. 同系統を，15～20～25°C, 20 日間培養した場合。

第 3 図. 二核菌糸 *86* を 25°C, 20 日間培養した場合。

第 4 図. 同系統を 15～20～25°C, 20 日間培養した場合。

第 5 図. 二核菌糸 *570* を 25°C, 20 日間培養した場合。

第 6 図. 同系統を 15～20～25°C, 20 日間培養した場合。

第 7 図. 二核菌糸 *606* を 25°C, 20 日間培養した場合。

第 8 図. 同系統を 15～20～25°C, 20 日間培養した場合。

図　版　IX

第 1 図. 液体培地上に形成された系統 *86* の子実体。×1/4.

第 2 図. 鋸屑培地に形成された系統 *570* の子実体。黒色部は褐変した培地表面菌糸膜。×1/4.

第 3 図. 平面培地上に発育した系統 *86* の菌糸体。(A) 上段最左, 15～20～25°C, (B) 上段中, 10～15～20°C, (C) 上段最右, 5～10～15°C, (D) 下段, 25°C. 各 30 日間培養。上段黒色部は褐変菌糸。×1/4.

第 4～5 図. 褐変二核菌糸を馬鈴薯蔗糖寒天培地に移植培養して再生された菌糸。1 目盛, 2.3 μ.

第6図. 一核菌糸 *18* を 25°C, 20 日間培養したものの菌糸。1目盛, 2.3 μ.
第7図. 試験管培地で褐変した一核菌糸。25°C, 60 日間培養。×1/3.
第8図. 褐変した一核菌糸に発現した多突起菌糸。1目盛, 2.3 μ.

図 版 X

第1図. 1回子実体形成後60日間室内放置, 乾燥抑制した榊木培地内皮部における菌系。系統 *570*. 1目盛, 2.3 μ.
第2図. 同系統。同培地木部内菌糸。1目盛, 2.3 μ.
第3図. 60 日間, 室温にて乾燥抑制後, 48 時間浸水後打木, 変温処理後再生された, 子実体形成のない部分の内皮部菌糸。系統 *570*. ×280.
第4図. 第3図. と同じ榊木培地で形成された子実体菌柄着生部より約 1 cm 離れた内皮部繊維間の菌糸。×280.
第5図. 第 3～4 図と同じ培地で形成された子実体菌柄と連結し, 内皮部表面に菌糸膜を形成している菌糸。×280.
第6図. 第5図と同じ菌糸膜表面の気生菌糸に形成された多突起菌糸。×340.
第 7～8 図. 子実体菌柄周縁に発育する細胞膜の肥厚した栄養貯蔵菌糸。1目盛。2.3 μ.

図 版 XI

第1図. 子実体を形成する液体培地表面の菌糸膜の菌糸。系統 *86*. 1目盛, 2.3 μ.
第2図. 第1図の菌糸膜上の気生菌糸に発現する多突起菌糸。×380.
第3図. 液体培地中に沈んで寒天質状に発育する菌糸。1目盛。2.3 μ.
第4図. 子実体菌柄と連結している液体培地内透明菌糸。1目盛, 2.3 μ.
第5図. 鋸屑培地表面に子実体を形成する菌糸膜の菌糸。系統 *570*. ×340.
第6図. 第5の図菌糸膜表面の気生菌糸に発現する多突起菌糸。1目盛, 2.3 μ.
第7図. 榊木培地の内皮部表面に形成されつつある子実体原基。系統 *570*. ×4/5.
第3図. 鋸屑培地表面に形成される子実体。系統 *570*. ×1/2.

図 版 XII

第 1～3 図. 子実体菌柄組織を形成している導管状菌糸。第 1～2 図は1目盛。2.3 μ, 第3図は1目盛, 0.9 μ.
第4図. 菌傘表面近くの組織を形成している細胞内に褐色色素を有する菌糸。1目盛, 2.3 μ.
第 5～8 図. 菌傘組織内部の菌糸。図 4～5 は1目盛。2.3 μ, 第 7～8 図は1目盛, 0.9 μ.

図 版 XIII

第 1～3 図. 菌傘周縁部組織を形成している菌糸。1目盛, 2.3 μ.
第4図. 菌褶組織。1目盛, 10 μ.
第 5～6 図. 菌褶組織を形成している子実層, 子実下層および実質組織の菌糸。1目盛, 2.3 μ.
第7図. 菌褶の実質組織の菌糸。1目盛, 2.3 μ.
第8図. 菌褶の子実層組織の菌糸。1目盛, 0.9 μ.

図 版 VII

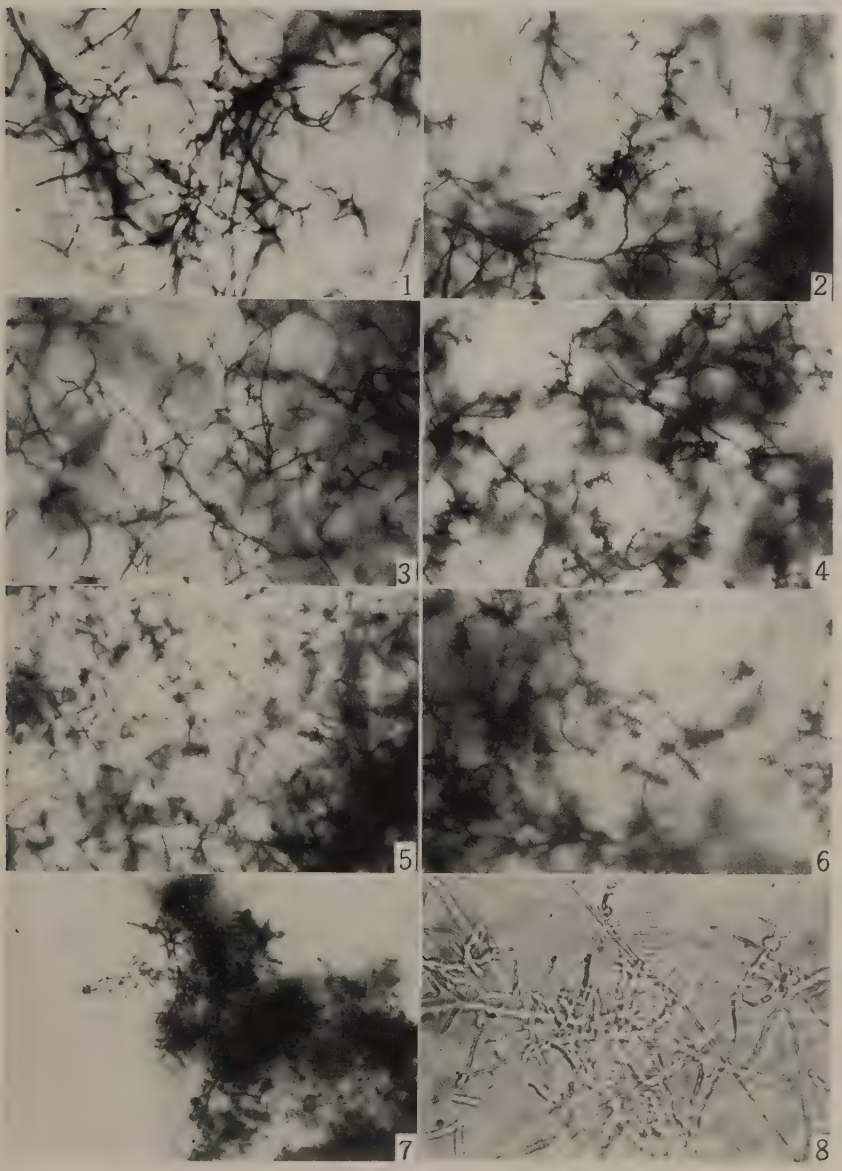


図 版 VIII

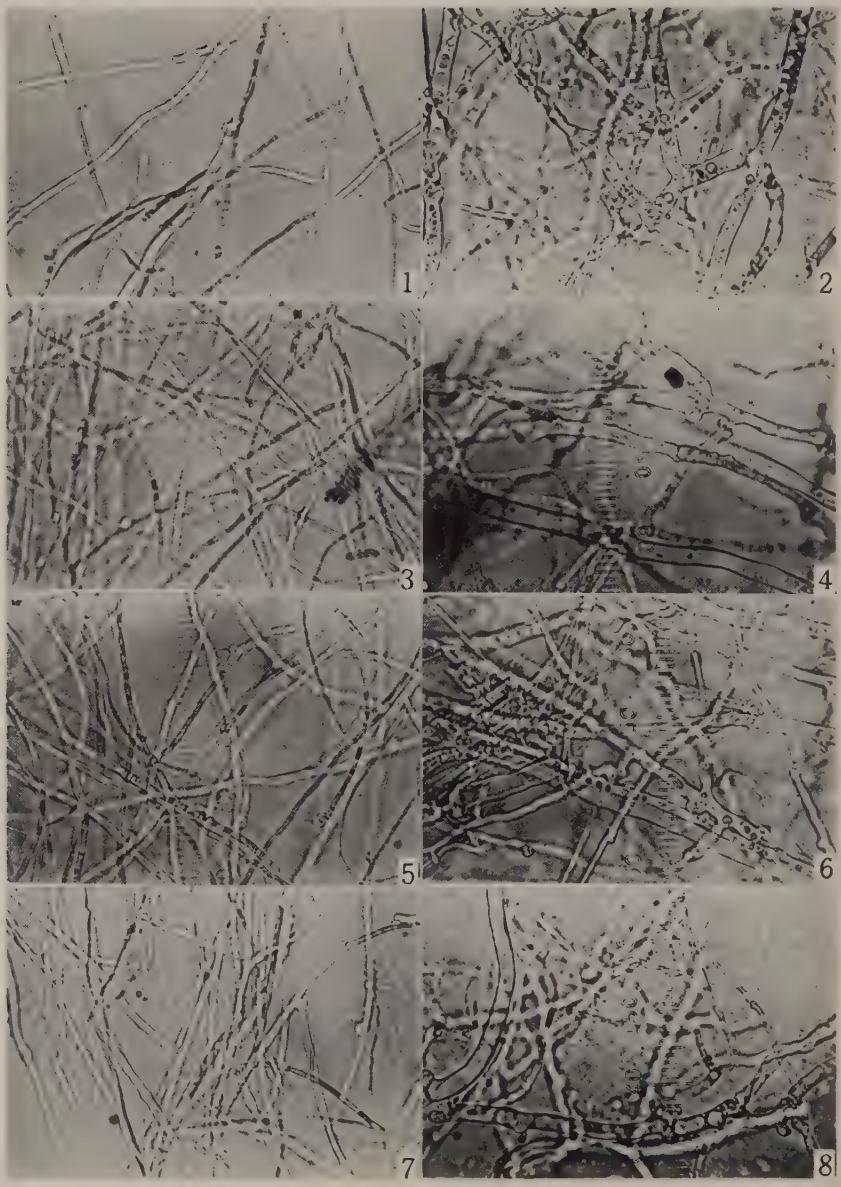


図 版 IX

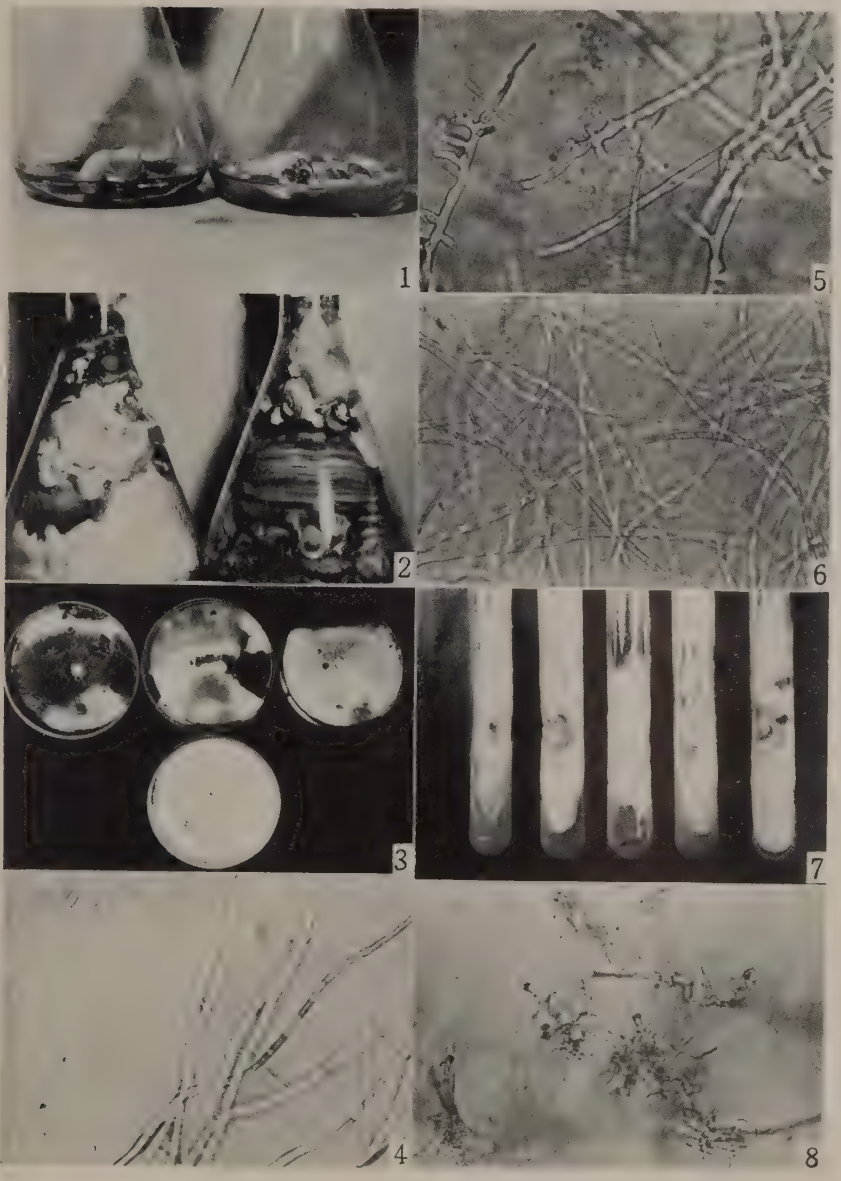
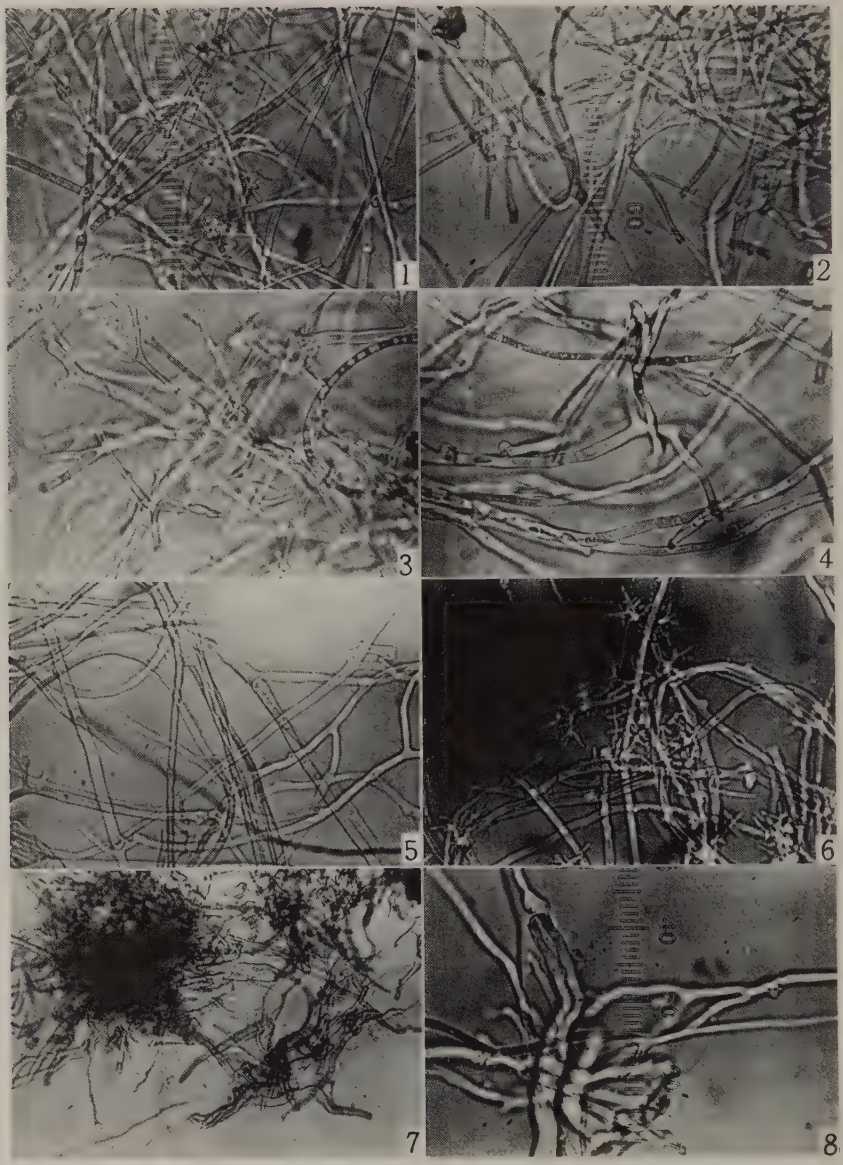


図 版 X



図版 XI

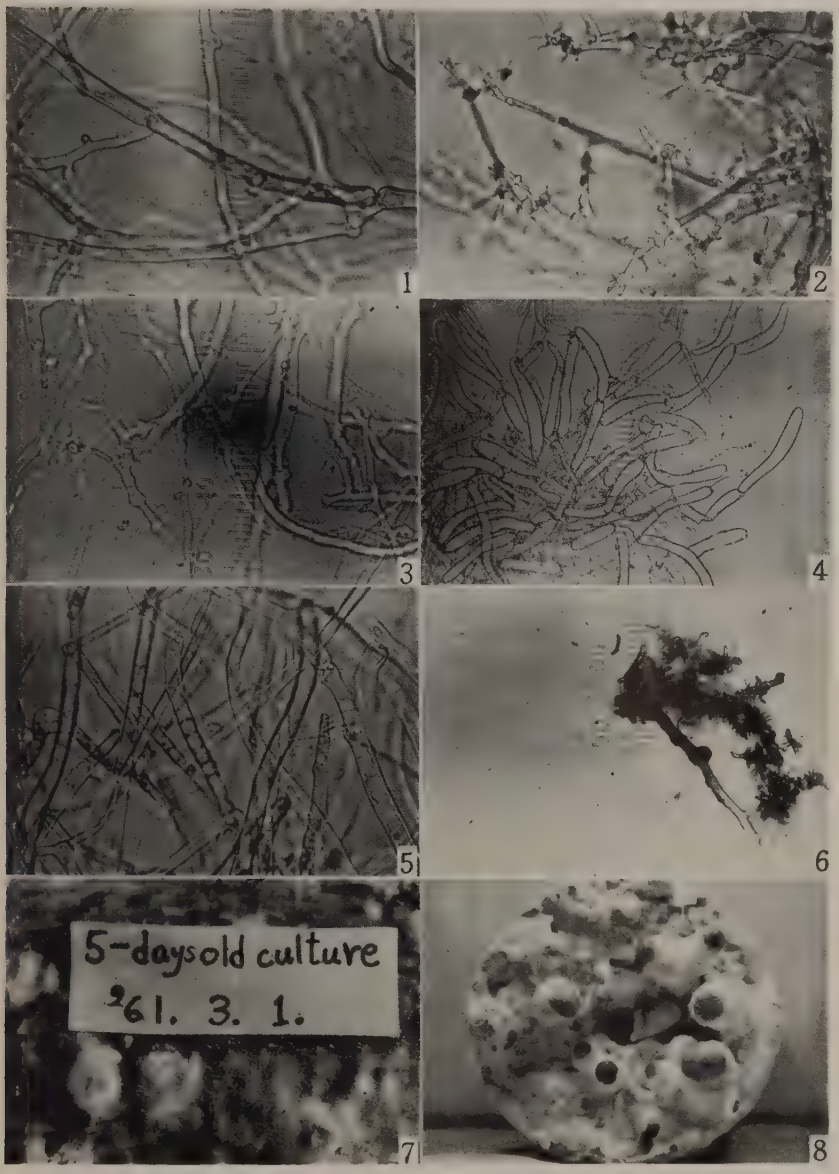


図 版 XII

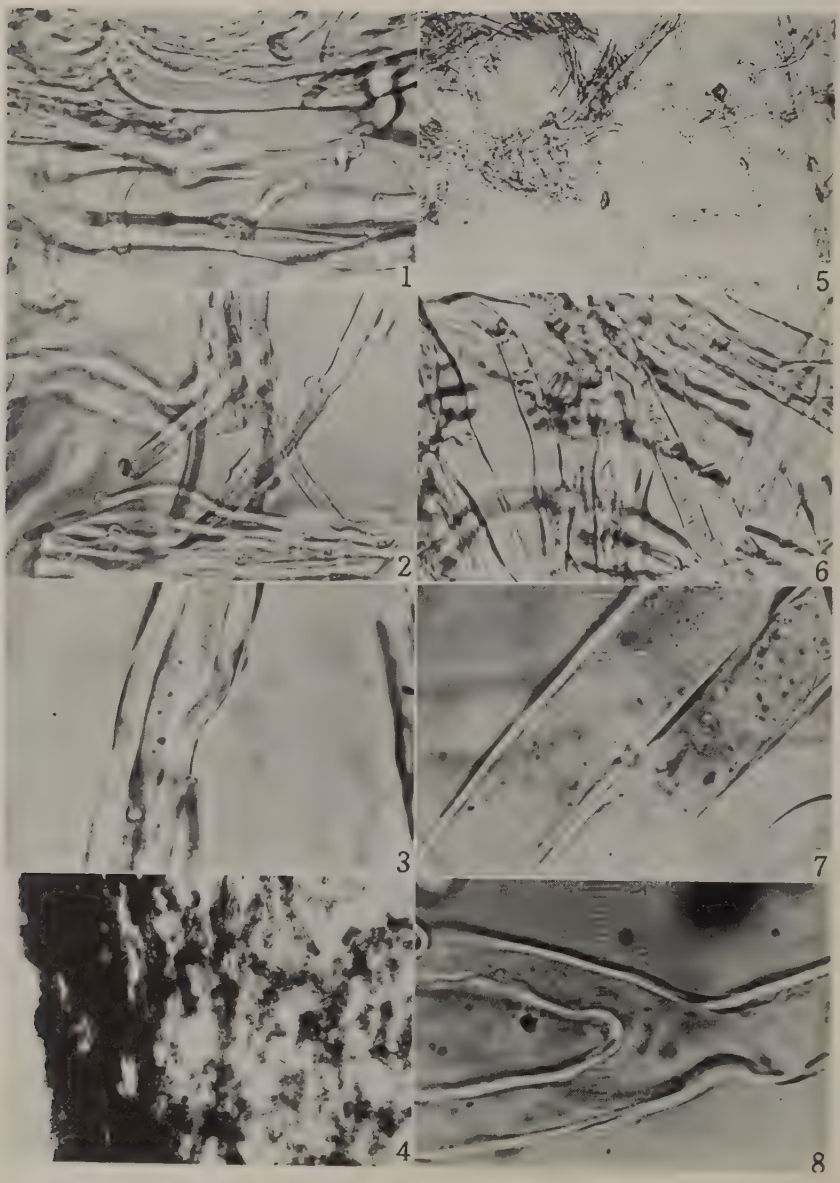
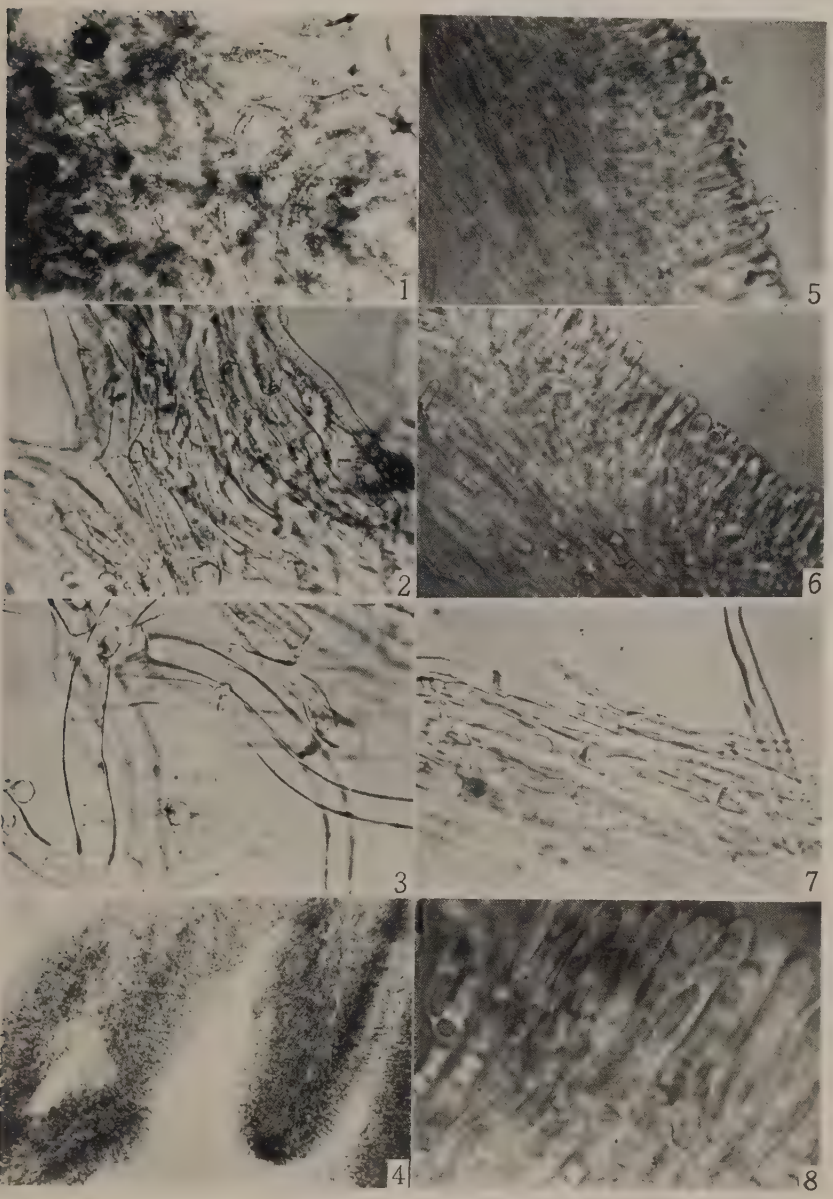


図 版 XIII



菌類の遺伝学的研究 IX

シイタケの交配系*

武丸恒雄**

Tsuneo TAKEMARU: Genetical studies on fungi. IX. The mating system in *Lentinus edodes* (BERK.) SING.

Résumé

The following 3 stocks of *Lentinus edodes* (BERK.) SING. were used as materials: SH-1, H3-a and KT. Contact zone heterokaryotization takes place in almost all common-*B* matings. So, when only the contact zone between two mates is tested for the presence or the absence of clamp-connections, a bipolar mating pattern is obtained (Tables 1～3). However, when mycelia on either side of the contact zone are also examined, tetrapolarity is unmasked (Tables 4～6).

Aberrant mating type classes carrying non-parental *B* factors are found in stocks H3-a (Table 5) and KT (Table 6), but not in SH-1. The summation of these 3 stocks shows that 3 (or 7.5%) aberrant strains have been detected among a total sample of 40 monokaryons from these stocks. Non-parental *A* factors have not been found in the present study.

Inter-stock matings among these 3 stocks were performed with the results as shown in Table 7. This table indicates that these stocks carry no common incompatibility factors.

シイタケは，われわれの食生活に密着しているだけに，このキノコについての研究は，専ら日本人によって行なわれている。特にその交配系の研究に関しては，わが国の学者の独壇場であるといえる。1935年はこの意味において特筆すべき年である。たまたまこの同じ年に，4人の研究者が互に独立してそれぞれシイタケの交配系を研究し，しかも相異なる実験結果を報告しているのである。すなわち，及川（1935）によれば本菌の交配系は規則正しい2極性であるが，一方，河村（1935）および 西門・山内（1935）によれば明快な4極性であるという。更にその後，西門・樋口（1937）は 11 のストック（菌株）についてこの問題を追求し，何れのストックにおいても典型的な4極性の交配様体を確認している。このように一つの種について相異なる2種類の交配系が報告されている例は，本菌のほかに数種の帽菌類においても知られている。ところでこのような事実は，同じ一つの菌が2極性と4極性の2系を実際に併せもちうることを示唆しているものであるか，もしくは実験上の単なる間違にもとずく見せかけの現象にすぎないかという問題は，大変興味深く思われる。

筆者はこれまでいくつかの担菌類についてその交配系を詳細に研究した結果，上述の問題を解く鍵とも考えられる2，3の知見を得ることが出来た。その1部は既に発表したが（武丸，1957a, b；1959a, b），本論文では特にシイタケをとりあげて，この問題を論じてみたい。

---

* 菌蕈学研究所研究業績，第7号（Contributions from the Tottori Mycological Institute. No. 7）および岡山大学理学部生物学教室植物形態学業績，No. 81.

** 岡山大学理学部生物学教室

材料と方法

本実験には，産地を異にする次の3ストックを用いた。

SH-1：鳥取産，全国産茸普及会1号菌，河合 晃氏提供。H3-a：北海道産，林業試験場伊藤達次郎氏提供。KT：岡山産，古武鉄郎氏提供。

これらのストックを快よく提供下さった諸氏に厚く感謝する。

単胞子分離は常法の稀釈平板法によった。培養基は全て馬鈴薯蔗糖寒天を用い，培養温度は常に25°Cであった。交配は，同一試験管斜面上に2個の単胞子菌糸体を，約1cmの間隔で植付けることによって行なわれた。交配後10日目にクランプ形成の有無を調査した。この調査は，まず最初に，交配された両菌糸体の接触部について行なわれ，次に接触部の両側を検鏡した。この際，菌糸を0.025%または0.05%メチレンブルー水溶液で染色したが，この方法だと，菌糸の隔膜がよく染まりクランプの検出が容易である。

実験結果

1. ストック内交配模様

i) 両菌糸体の接触部のみを調査した場合　ストックSH-1より12，H_3-aより16，KTより12の単胞子菌糸体をそれぞれ分離し，各々のストック内において，これらの単胞子菌糸体の間で総当り交配を行なった。25°Cで10日培養後，両菌糸体の接触部だけについて，クランプ形成の有無を調査した。その結果は，それぞれ第1～3表に示されている。表中の“＋”はクランプが観察された組合わせ，“－”は観察されなかった組合わせを示している。“＋”の組合わせの中には，多くのクランプが容易に検出されたものと，努力してやっと数個のクランプが見出されるような場合とがあった。但し，この調査では接触部に形成されたクランプの数は一応問

第1表　SH-1ストックにおける1個の子実体から分離した12単胞子菌糸体の間の総当り交配．組合わせた2個の菌糸体の接触部だけについて調査し，“＋”は接触部にクランプが形成された組合わせを，“－”は形成されなかった組合わせを示す．

Table 1. Mating pattern for 12 monosporous mycelia isolated from a single, wild fruit-body of stock SH-1 in *Lentinus edodes*. Only the contact zone between two mates was tested for clamps. “+” and “−” indicate the presence and the absence of clamps, respectively.

	1	4	7	9	11	2	3	5	6	8	10	12
1	−	−	−	−	−	+	+	+	+	+	+	+
4	−	−	−	−	−	+	+	+	+	+	+	−
7	−	−	−	−	−	+	+	+	+	−	−	−
9	−	−	−	−	−	+	+	+	+	+	+	+
11	−	−	−	−	−	+	+	+	+	+	+	+
2	+	+	+	+	+	−	−	−	−	−	−	−
3	+	+	+	+	+	−	−	−	−	−	−	−
5	+	+	+	+	+	−	−	−	−	−	−	−
6	+	+	+	+	+	−	−	−	−	−	−	−
8	+	+	−	+	+	−	−	−	−	−	−	−
10	+	+	−	+	+	−	−	−	−	−	−	−
12	+	−	−	+	+	−	−	−	−	−	−	−

第2表 H3-a ストックにおける交配模様. 調査部位および記号は第1表に同じ.

Table 2. Mating pattern in stock H3-a. For further explanation, see Table 1.

	1	2	4	6	7	9	10	11	12	16	3	5	8	13	14	15
1	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	+	+	+	+	+
2	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	+	+	+	+	+
4	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	+	+	+	+	+
6	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	+	−	+	+	+
7	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	+	+	+	+	+
9	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	+	+	−		
10	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+		+	+	+	+
11	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	+	+	+	+	+
12	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	+	+	+	+	+
16	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	+	+	−	+	+
3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	−	−	−	−	−	−
5	+	+	+	+	+	+	−	+	+	+	−	−	−	−	−	−
8	+	+	+	−	+	+	+	+	+	+	−	−	−	−	−	−
13	+	+	+	+	+	−	+	+	+	−	−	−	−	−	−	−
14	+	+	+	+	+	−	+	+	+	+	−	−	−	−	−	−
15	+	+	+	+	+	−	+	+	+	+	−	−	−	−	−	−

第3表 KT ストックにおける交配模様. 調査部位および記号については第1表を参照.

Table 3. Mating pattern in stock KT. For further explanation, see Table 1.

	1	3	4	5	8	10	2	6	7	9	11	12
1	−	−	−	−	−	−	+	+	+	+	+	+
3	−	−	−	−	−	−	+	+	+	+	−	+
4	−	−	−	−	−	−	+	−	+	+	+	+
5	−	−	−	−	−	−	+	−	+	+	+	+
8	−	−	−	−	−	−	+	+	+	+	+	+
10	−	−	−	−	−	−	+	+	+	+	+	−
2	+	+	+	+	+	+	−	−	−	−	−	−
6	+	+	−	−	+	+	−	−	−	−	−	−
7	+	+	+	+	+	+	−	−	−	−	−	−
9	+	+	+	+	+	+	−					−
11	+	+	+	+	+	+	−	−	−	−	−	−
12	+	+	+	+	+	−	−	−	−	−	−	

題にしないで，要するにクランプの有無のみが問題にされている。これらの表から明らかなように，3つのストックはそれぞれ，4極性よりもむしろ2極性の交配模様を示している。

ii) 接触部だけではなくその両側についても調査が行なわれた場合　接触部にクランプが観察されなかった組合わせでは，その両側を検鏡してもやはりクランプが見出されない。これに反して，接触部にクランプが観察された組合わせにおいては，クランプの形成が，(1) 接触部のみに止まらずその両側全面におよぶものと，(2) 接触部にのみ限定されその何れの側にもみられないものとの2つの型がはっきり認められた。(1) のクランプ形成の様式は，ASCHAN (1954) によって "complete dikaryotization" とよばれ，(2) の様式は ARNOLD (1935) によって，"limited diploidization" とよばれている。筆者 (1957 a, b; 1959 a, b) もこの呼び方にならって，これまでの論文では，それぞれ "完全二核化" および "限定二核化" という用語を用いていた。しかし，BRODIE (1948) も指摘しているように，(2) の様式に対して "二核化" という用語を使うことは適切でないと考えられるので，以後は "限定二核化" の代りに "接触部ヘテロ核化" ("contact zone heterokaryotization")，または，この様式が B 因子が共通の交配で行なわれることから，"B 共通ヘテロ核化" ("common-B heterokaryotization") と呼ぶことにする。これに対して，(1) の様式を単に "二核化" ("dikaryotization") と呼ぶことにしたい。さて，このようなクランプ形成様式の差異に着目して，(1) の様式を "+"，(2) の様式を "(+)" で示し，第 1~3 表を並べかえると，それぞれ第 4~6 表が得られる。後者の表はいずれも明らかに4極性の交配模様を示している。"(+)" の組合わせにおいては一般に，両菌糸体の接触帯にそってバラージュが発生するが，シイタケにおいてはこのバラージュの幅が概して狭く (1 mm. 程度)，余り明瞭ではない。また，このバラージュ部におけるクランプ形成能は，他の帽菌類に比べて一般に微弱なように思われる。従って，この場合，バラージュ部の菌糸体を確実に取り出し，注意深く検鏡するのでなければ，往々にしてクランプの検出に失敗することがある。これに反し，"+" の組合わせでは，接触部は勿論のことその両側のどこを検鏡しても，常に多数のクランプを容易に観察することが出来る。

第4表　クランプ形成の過程を考慮に入れて第1表を並べかえたもので，こうすると典型的な4極性の模様が浮上って来る．"+"，二核化；"(+)"，接触部ヘテロ核化；"−"，クランプの形成みられず．

Table 4. Table 1 rearranged, by taking into consideration of the process of clamp formation. A typical tetrapolar pattern. "+", dikaryotization; "(+)", contact zone heterokaryotization; "−", no clamp.

	1	4	7	2	3	5	6	9	11	8	10	12	
1	−	−	−	+	+	+	+	−	−	(+)	(+)	(+)	
4	−	−	−	+	+	+	+	−	−	(+)	(+)	−	A^1B^1
7	−	−	−	+	+	+	+	−	−	−	−	−	
2	+	+	+	−	−	−	−	(+)	(+)	−	−	−	
3	+	+	+	−	−	−	−	(+)	(+)	−	−	−	
5	+	+	+	−	−	−	−	(+)	(+)	−	−	−	A^2B^2
6	+	+	+	−	−	−	−	(+)	(+)	−	−	−	
9	−	−	−	(+)	(+)	(+)	(+)	−	−	+	+	+	
11	−	−	−	(+)	(+)	(+)	(+)	−	−	+	+	+	A^1B^2
8	(+)	(+)	−	−	−	−	−	+	+	−	−	−	
10	(+)	(+)	−	−	−	−	−	+	+	−	−	−	A^2B^1
12	(+)	−	−	−	−	−	−	+	+	−	−	−	
	A^1B^1			A^2B^2				A^1B^2		A^2B^1			

第5表　第2表の再配列．4種類の交配型のうちの2つの二核化を含むもののみの交配型 A^3B の出現のため，4極性の交配模様に乱れが生じている．表中の記号については第4表を見よ．

Table 5. Table 2 rearranged. Two monokaryons with an aberrant mating type, A^3B, was detected. For further explanation, see Table 4.

	1	4	6	7	10	11	3	13	14	15	9	16	5	8	2	12	
1	−	−	−	−	−	−	+	+	+	+	−	−	(−)	(+)	−	−	
1	−		−		−	−	+	+	+	−	−	−	(+)	(+)	−	−	
6	−	−	−	−	−	−	+	+	+	+	−	·	(+)	−	−	−	
7	−	−	−	−	−	−	+	+	+	−	−	−	(+)	(+)	−	−	A^1B^1
10	−	−	−	−	−	−	+	−	−	−	−	−	−	(+)		−	
11	·	−	−	−	−		+	+	·	+	−	−	(+)	(+)	−	−	
3	+	+	+	+	+	+	−	−	·	−	(+)	(+)	−	−	−	+	
13	+	−	+	+	+	+	−	−	−	−	·	−	−	−	+	+	
14	+	−	·	+	+	+	−	−	−	−	−	(−)	−	·	·	−	A^4B^4
15	+	+	+	+	+	+	−	−	−	−	−	(+)	−	·	+	+	
9	−	−	−	−	−	−	(−)	−	−	−	−		−	+	−	−	
16	−	−	−	−	−	−	(−)	−	(+)	(+)	−	−	−	−	−	·	A^3B^4
5	(+)	(+)	(+)	(+)	−	(+)	−	−	−	−	+	+	−	−	−	+	
8	(+)	(+)	−	(+)	(+)	(+)	−	−	−	−	+	+	−		+	+	A^4B^3
2	−	−	−	−	−	−	+	+	+	+	−	−	+	+	·	−	
12	−	−	−	−	−	−	+	+	+	+	−	−	−	+	−	·	A^3B
			A^1B^3						A^4B^4		A^1B^4		A^4B^3		A^3B		

iii) 2つの交配型と和合しうる変異交配型の出現　ストック H3-a（第5表）では，期待される4つの交配型 A^1B^3，A^4B^4，A^1B^4 および A^4B^3 のほかに，予期しない A^3B の交配型が2系統出現した。前1者与同型は或る1つの交配型，例えば A^1B^3 は，A および B 因子をそれぞれ異なる特定の1交配型，A^1B^1 とだけしか和合“＋”しないが，A^3B は上記4交配型のうちの2つ，A^4B^4 および A^4B^3 と和合することが出来る。同様の変異交配型 A^3B 系，KT ストック（第6表）に3系統出現し，交配模様に乱れを生じているが，ストック SH-1（第4表）では，このような変異体の出現がなく，予期される4交配型に属する典型的な4極性の交配模様が得られている。以上3ストックを通じて見た場合，全調査個体数 40 系統のうちに，3系統（7.5%）の変異個体が出現したことになる。

2. ストック間交配模様

本実験に使用した上記3ストックから，それぞれ4つの1交配型を代表する1単胞子分離菌株を選出し，合計 12 系統の間で総当りの交配を行なった。その結果は第7表に示されている。この表から明らかなように，全ての組合わせで二核化“＋”がみられた。このことは，これらの3ストックは，下記の如くいずれも互に異なる不和合性因子構成を持つことを示唆している。

ストック　SH-1：$A^1A^2B^1B^2$；　ストック　H3-a：$A^3A^4B^3B^4$；　ストック　KT：$A^5A^6B^5B^6$

第6表 第3表を再配列したもの．変りものの交配型 $A^5\boldsymbol{B}$ が出現．表中の記号の説明は第4表の通り．

Table 6. Table 3 rearranged. Monokaryon *8* has an aberrant mating type, $A^5\boldsymbol{B}$. For further explanation, see Table 4.

	1	10	2	6	9	11	3	4	5	7	12	8	
1	−	−	+	+	+	+	−	−	−	(+)	(+)	−	A^5B^5
10	−	−	+	+	+	+	−	−	−	(+)	−	−	
2	+	+	−	−	−	−	(+)	(+)	(+)	−	−	+	
6	+	+	−	−	−	−	(+)	−	−	−	−	+	A^6B^6
9	+	+	−	−	−	−	(+)	(+)	(+)	−	−	+	
11	+	+	−	−	−	−	−	(+)	(+)	−	−	+	
3	−	−	(+)	(+)	(+)	−	−	−	−	+	+	−	
4	−	−	(+)	−	(+)	(+)	−	−	−	+	+	−	A^5B^6
5	−	−	(+)	−	(+)	(+)	−	−	−	+	+	−	
7	(+)	(+)	−	−	−	−	+	+	+	−	−	+	A^6B^5
12	(+)	−	−	−	−	−	+	+	+	−	−	+	
8	−	−	+	+	+	+	−	−	−	+	+	−	$A^5\boldsymbol{B}$
	A^5B^5		A^6B^6				A^5B^6			A^6B^5		$A^5\boldsymbol{B}$	

第7表 3ストック，SH-1，H3-a，KT の間のストック間交配模様，“+”，二核化．

Table 7. Inter-stock mating pattern among 3 stocks, SH-1, H3-a and KT. “+”, dikaryotization.

		H3-a				KT			
		A^3B^3 (1)	A^4B^4 (3)	A^3B^4 (9)	A^4B^3 (8)	A^5B^5 (1)	A^6B^5 (2)	A^5B^6 (3)	A^6B^5 (7)
SH-1	A^1B^1(4)	+	+	+	+	+	+	+	+
	A^2B^2(6)	+	+	+	+	+	+	+	+
	A^1B^2(11)	+	+	+	+	+	+	+	+
	A^3B^1(8)	+	+	+	+	+	+	+	+
H3-a	A^3B^3(1)					+	+	+	+
	A^4B^4(3)					+	+	+	+
	A^3B^4(9)					+	+	+	+
	A^4B^3(8)					+	+	+	+

考　察

交配された2つの菌糸体の接触部に限ってクランプの形成がみられる現象は，シイタケ以外の担子菌においては，可成り古くから知られている（Vandendries, 1933; Smith & Brodie, 1935; Arnold, 1935）。しかし，この現象と交配模様とを密接に関係付けて論じられるようになったのは比較的最近のことで，Aschan (1954) のエノキタケに関する研究がこの意味で恐らく最初のものと思われる。筆者（1957 a, b）は，同じエノキタケで Aschan の研究を追試し，彼女の報告を確認する結果を得た。すなわち，この菌では，接触部のみにおいてクランプの有無を調査した場合には，接触部ヘテロ核化が規則正しく営なまれていたために，2極性の交配模様が得られる。しかし，この調査を更に接触部の両側にまでおよぼせば，2極性のベールに包まれていた，この菌本来の4極性のパターンが明るみに出てくるのである。その後，筆者（1959 a, b）は，ウシグソヒトヨおよびトフンタケにおいても同様の現象を見出し，このような交配系を "被覆4極性"（" masked tetrapolarity "）と呼んだ。更に筆者（1961）は，ヒトヨタケ属2種，ケガワタケ，カンタケ，スエヒロタケなどにおいても，被覆4極性を証明することが出来た。このように，これまで筆者が研究した菌の全てにおいて被覆4極性が認められたという事実は，この交配系が，特定の種においてのみ見られる特殊な系ではなくて，広く担子菌一般に可成り普遍的に行なわれている交配系であることを強く示唆しているように思われる。

次に，帽菌類の交配系を複雑にしている，もう1つの現象にふれなければならない。それは，変異交配型の出現に関する問題である（実験1の iii 参照）。この変異型は，決して特定の2交配型がコンタミしたために生じたものではなく，また Kniep (1923) が唱えたような，不和合性因子（シイタケの場合には B 因子）の突然変異によるものとも考えられない。これはむしろ，Papazian (1951) や Raper 一派（1958, 1960）がスエヒロタケにおいて，また筆者（1957 a, b; 1961）がエノキタケにおいて証明したように，A および B 因子がそれぞれ2座あるいはそれ以上の遺伝子群から構成され，これらの座の間の乗換えによって新しい因子が生ずる，と考えた方が合理的であるように思われる。シイタケについての本実験では，この問題に関して立入った研究は行なわれなかったが，上述のスエヒロタケやエノキタケの場合と同じ様に説明しうるものと考えている。いずれにしても，このような変異交配型は，4極性菌における1交配型のうちの2型とヘテロ核化を営なむことが出来るため，典型的な4極性の交配模様に乱れが生じ，変異型の個体が高い頻度で出現すればするほど，4極性のパターンはそれだけ2極性のパターンに近くなるわけである。本実験では，分析個体数が40という小さいサンプルにおいて，7.5% の頻度で変異個体が出現したが，更に大きなサンプルについて分析を進めれば，この頻度は可成り高くなることも期待される。

さて，シイタケの交配系については，別々の研究者によって，或は2極性，或は4極性と，相異なる報告がなされていることは，本論文の冒頭で述べた通りである。筆者の研究によれば，本菌では B 因子が共通である組合わせにおいて，接触部ヘテロ核化が営なまれる。それ故，もしクランプ形成の有無が接触部に関してのみ調査されるならば，本来4極性であるべき交配系が，容易に2極性とみなされてしまう懼れがある。また，本菌では，変異交配型が出現するために，その頻度に応じて4極性のパターンと2極性のそれに近い可能性があることも既に指摘した通りである。このような観点から，筆者は，上述の相異なる報告は，シイタケが実際に2極性と4極性の交配系を併せもっていることを示すものではなくて，単なる実験上の見せかけの現象にすぎないものであるとの見解をとっている。

摘　要

1. シイタケの3ストックについて調査した結果，本菌の交配系は "被覆4極性" であることが明らかになった。

2. 4極性交配系における，4つの交配型のうちの2型と正常に和合する変異交配型が出現した。この変異型の起原と，それが交配模様におよぼす影響について論議された。

3. 本菌の交配系については，既に別々の研究者によって，2極性と4極性の交配模様が報告されている。しかしこのことは，本菌が，相異なる2種類の交配系を実際に併せもつことを意味するものではない。

参 考 文 献

1. ARNOLD, J. D. (1935): A comparative study of certain species of *Marasmius* and *Collybia* in culture. Mycologia. **27**: 388～417.
2. ASCHAN, K. (1954): Some facts concerning the incompatibility groups, the dicaryotization and the fruit body production in *Collybia velutipes*. Svensk Bot. Tidskr. **48**: 603～625.
3. BRODIE, H. J. (1948): Tetrapolarity and unilateral diploidization in the bird's nest fungus *Cyathus stercoreus*. Amer. J. Bot. **35**: 312～320.
4. 河村栄吉 (1935): シヒタケの性. 科 学. **5**: 371～372.
5. KNIEP, H. (1923): Über erbliche Änderungen von Geschlechtsfaktoren bei Pilzen. Z. i. A. V. **31**: 170～183.
6. NISIKADO, Y. & K. YAMAUTI (1935): Studies on the heterothallism of *Cortinellus Berkeleyana* Ito and Imai, an economically important edible mushroom in Japan. Ber. Ôhara Inst. landw. Forsch. **7**: 115～128.
7. 西門義一・樋口達雄 (1937): シヒタケ菌糸の四極性に関する研究補遺. 農学研究. **28**: 431～439.
8. 及川公平 (1935): シヒタケの性. 植物学雑誌. **49**: 453～455.
9. PAPAZIAN, H. P. (1951): The incompatibility factors and a related gene in *Schizophyllum commune*. Genetics. **36**: 441～459.
10. RAPER, J. R., M. G. BAXTER & A. H. ELLINGBOE (1960): The genetic structure of the incompatibility factors of *Schizophyllum commune*: the *A*-factor. Proc. Nat. Acad. Sci. **46**: 833～842.
11. RAPER, J. R., M. G. BAXTER & R. B. MIDDLETON (1958): The genetic structure of the incompatibility factors in *Schizophyllum commune*. Proc. Nat. Acad. Sci. **44**: 889～900.
12. SMITH, A. H. & H. J. BRODIE (1935): Cultural characters and pairing reactions of monosporous mycelia and development of the fruit body of *Pholiota* (*Flammula*) *polychroa*. Bot. Gaz. **96**: 533～546.
13. 武丸恒雄 (1957 a): エノキタケの遺伝学, IV. 一系統 *NL-55* 菌にみられる "中間極性". 植物学雑誌. **70**: 238～243.
14. —— (1957 b): エノキタケの遺伝学, V. *NL-55* 系統における F_1 の交配模様. 植物学雑誌. **70**: 244～249.
15. —— (1959 a): 菌類の遺伝学的研究, VII. ウシグソヒトヨの交配系. 植物学雑誌. **72**: 169～176.
16. —— (1959 b): 菌類の遺伝学的研究, VIII. トフンタケの交配系. 植物学雑誌. **72**: 215～219.
17. —— (1961): Genetical studies on fungi, X. The mating system in Hymenomycetes and its genetical mechanism. Biol. J. Okayama Univ. **7**. (in press).
18. VANDENDRIES, R. (1933): Nouvelles investigations dans le domaine sexuel des Hyménomycètes. Bull. Soc. Mycol. France. **49**: 130～165.

交雑によって得られたシイタケ子実体の形態学的ならびに生理学的形質*

橋岡良夫・小松光雄・有田郁夫

Yoshio HASHIOKA, Mitsuo KOMATSU and Ikuo ARITA: Morphological and physiological characters of hybrid fruit-bodies in *Lentinus edodes*.

I まえがき

シイタケ子実体は，発生時期，発生量，形，大きさ，色沢などに生理的，生態的，或は遺伝的な系統差があることから異系統間の交雑によって両親と異なる系統を育成することが可能と考えられる。1959 年に 7 系統を親とし，それらの一核菌糸体を相互に交配して 43 組合せを得，1960 年には 12 系統に 62 組合せを得た。これらの二核菌糸体を滑石に接種し，1959 年 9 月～1961 年 3 月に発生した雑種子実体について形態および発生時期を調査した。この実験結果の中から，特徴あるものを選び親株と雑種子実体の差異について中間報告をする。

II 実験材料および方法

1. 供試系統　親系統およびそれらの特徴は第 1 表に，F_1 および F_2 系統は第 2 表に示す。

第 1 表　親系統の特徴

系　統	発芽温度 (℃)	形　態	菌傘の色
12	15～25 8～18 3～12	大型　中肉	淡褐色
21	8～18 3～12	中型　中肉	茶褐色
222	15～25 8～18	小型　中肉	赤褐色
311	8～18 3～12	中型　中肉	茶褐色
1213	3～12	大型　厚肉	淡褐色
1312	8～18 3～12	中型　中肉	茶褐色

2. 種菌　胞子は系統別に一つの子実体から単胞子分離し，馬鈴薯蔗糖寒天培地上で交配させ，clamp 形成の有無で和合か不和合かを確め，和合二核菌糸体を鋸屑米糠培地に接種し 30 日間培養の菌糸体を使った。

3. 原木　約 12～15 年生のコナラ (*Quercus serrata*) を 1959 年 1 月伐倒，長さ 1 m に玉切り，3 月各系統ごと 5～10 本に接種，1960 年 2 月伐倒，玉切り，3 月各系統ごと 10～15 本に接種した。

4. 榾場　鳥取市卯垣

5. 環境および管理　モウソウチク (*Phyllostachys heterocycla* var. *pubescens*)，マダケ (*Phyllostachys bam-*

* 菌蕈研究所研究業績，第 8 号 (Contributions from the Tottori Mycological Institute. No. 8).

第2表 交雑によって得られた系統

	系統	一核菌糸相互の組合せ
F_1	*132*	*222(13)×21(4)*
	1212	*222(13)×21(4)×1312(7)*
	2223	*222(13)×21(4)×1312(2)*
	2233	*311(6)×1213(3)*
	2311	*311(13)×1213(13)*
	2333	*311(1)×1213(7)*
	3112	*12(4)×1213(13)*
	3121	*12(5)×1213(7)*
	2212	*1213(3)×21(1)*
	2213	*1213(13)×21(7)*
	2222	*1213(7)×21(7)*
	3133	*1213(7)×1312(3)*
	3221	*1213(3)×1312(13)*
F_1	*2323*	*311(6)×21(10)*
	3311	*311(15)×21(13)*
	2321	*1213×311(11)*
	2332	*1213×12(2)*
	3331	*1213×12(13)*
	2221	*1213×21(13)*
	3213	*1213×1312(9)*
F_2	*1111*	*132 (9×3)*
	1112	*132 (2×3)*
	1113	*132 (1×5)*
	323	*132 (7×5)*

(註) F_1 系統とは両親の一核菌糸の交配によって出来た二核菌糸体から発生した1群の子実体をいい，F_2 系統とは F_1 系統の1個の子実体から単胞子分離して得た一核菌糸の交配によって出来た二核菌糸体から発生した1群の子実体をいう。

busoides)，および広葉樹の混生林に，シイタケ菌糸を接種した原木を高さ 30～40 cm に積み（図版 XIV，第1図），約60日間放置した後，6月上旬，井桁積み（図版XIV，第2図）で8月下旬まで放置し，原木内にシイタケ菌糸を蔓延させ，9月上旬，これらの原木を図版XIV，第3図のように並べ，発生するシイタケの子実体の採取の便をはかった。

6. 調査方法 原木内の菌糸の蔓延，子実体発生の両期間を通じて人工的潅水を行なわず，すべて自然環境で管理し，発生した子実体は菌傘直径，菌柄着生部位の菌傘組織の肉厚，菌褶の幅，菌傘着生部位までの菌柄の長さ，菌柄中央部の直径を測定し，測定後は木製乾燥器で電熱を利用し含水率 12～14% に乾燥して各系統の乾燥重量を測定した。環境条件は自記温湿度計を設置し測定した（図版 XIV，第 3 図）。

III 実験結果

1. 菌糸の交配 系統 *222* と *21* の一核菌糸同志のすべての組合せ結果は第3表に示す如くで，すべて和合性であった。*222(13)×21(4)* の交配から生じた二核菌糸体より発生した F_1 系統即ち *132* の1個の子実体から，単胞子分離して得た一核菌糸同志の総ての組合せの結果は第4表の如き4極性を示している。

系統 *1111*，*1112*，*1113*，*323* は第4表中○印をつけた二核菌糸体から発生した F_2 子実体である。系統 *2223* は，系統 *132* 子実体より単胞子分離した一核菌糸体と系統 *1312* の一核菌糸体との交配二核菌糸から発生した F_1 子実体である。

第3表 系統 *222*，*21* の両親一核菌糸の交配型

	No.	*222*													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
21	4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	7	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

第1表　222(13)×21(4) の F_1 子実体の一核菌系のすべての組合せ

No.		I			II		III		IV
		2	9	10	1	7	3	6	5
I	2	−	−	−	−	−	+	+	−
	9	−	−	−	−	−	+	+	−
	10	−	−	−	−	−	+	+	−
II	1	−	−	−	−	−	−	−	(+)
	7	−	−	−	−	−	−	−	(+)
III	3	(+)	(+)	+	−	−	−	−	−
	6	+	+	+	−	−	−	−	−
IV	5	−	−	−	+	+	−	−	−

系統 *2321*, *2332*, *3331*, *2221*, *3213* の5系統は，系統 *1213* の二核菌糸体と他の系統の一核菌糸体との組合せであり（第2表），その他の系統は，各系統の1個の子実体から1単胞子分離した任意の一核菌糸体同志を組合せ，和合性組合せの中から任意に選んだ二核菌糸体から発生した子実体である。

2. 各系統間における形態の比較　シイタケの子実体は系統によって発生時期が異なり，高温条件で発生する系統と低温条件で発生する系統とでは子実体の形態が異なっている。又同一系統でも，発生時期によって形態変化がおこることが観察結果から明らかになった。

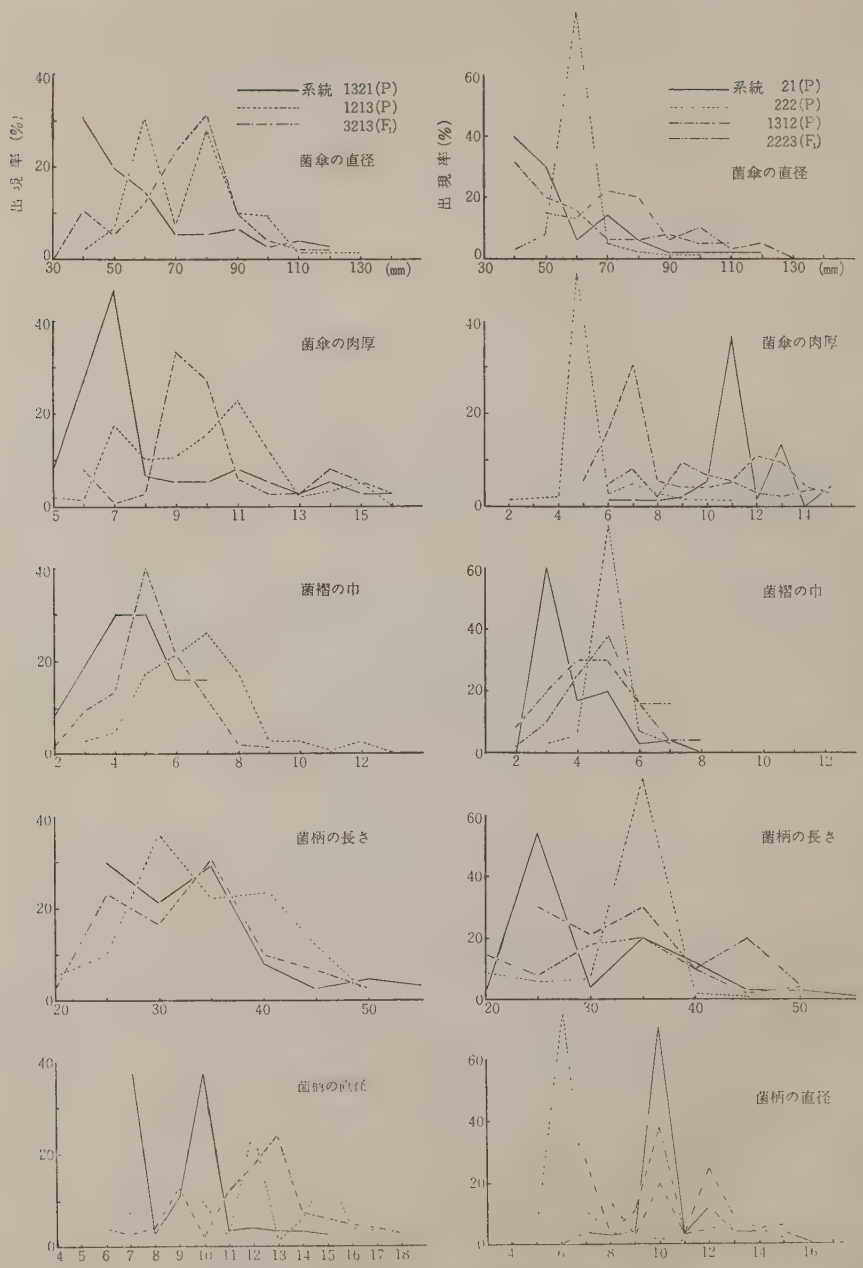
例えば，系統 *12*, *21*, *222*, *2321*, *3121*, *432* における発生時期別の子実体の傘の直径，菌傘組織の肉厚，菌褶の幅，菌柄の長さ，菌柄の直径の平均値と変異係数が附表1にかかげられている。これによれば系統 *222*, *2321*, を除いては 10～18°C（1日の最高最低温度）の条件の時期に発生する場合には，子実体各部の大きさの平均値が大で，5～12°C の条件では小さくなっている。又各系統の子実体各部の大きさの散らばり（変異係数）は，系統 *21*, *432*, *2321* についてみると発生時期が高温条件から低温条件に移るに従って値が小さくなっているのに対し，系統 *12*, *222*, *3121* においては不規則な変異を示している。

附表2は菌傘直径の大きさに対する他の部分の相関を相関係数で現わしたもので，これによれば菌傘直径と菌傘組織の肉厚，菌褶の幅との間にはいずれの系統とも相関が認められるが，系統 *12*, *222*, *132* では菌柄直径，系統 *2223*, *12* では菌柄の長さとの間には相関が低いか或は全然認められない。この傾向は他の供試系統にもみられた。

附表3は両親と F_1 の子実体の各部の大きさを平均値で示し，その有意性を検定したものであり，第1図は両親と F_1 系統の子実体における各部形態別の頻度分布を表したものである。

附表3(I)を例にとると，F_1 系統 *3213* は菌傘直径，菌傘組織の肉厚，褶の幅においては両親の中間の平均値を示しているが，第1図，A. で，それらの部分の頻度分布をみると両親よりも散らばりの少ない分布を示している。同様に F_1 系統 *2223* は（第1図，B. 附表3(B)）菌傘直径においては両親よりも大きく，菌傘組織の肉厚，菌柄の直径，菌褶の幅は大きい方の親に似ているが，その大きさの散らばりはいずれの親よりも大きくなっている。又附表3の（A）の F_1 系統 *132*,（B）の *2223*, *1212*,（E）の *2213*,（J）の *3331* では菌傘直径と菌傘組織の肉厚とにおいて両親よりも平均値の大きい，有意性のある数値を示し，他の F_1 系統では両親の中間値或は一方の親の近似値を示しているが，その散らばりの度合は系統により異なっている（附表1）。

附表3(C)は，親 P, F_1, F_2 系統（第2表）の間の形態を比較したもので，F_1 系統の菌傘直径，菌傘組織の肉厚，菌褶の幅は両親および F_2 のいずれの系統よりも大きくなっている。F_2 系統の間では各部分の平均値が異なり，系統 *323* と *1111*, *1112* と *1113* は同じ傾向を示している。菌褶の幅は F_2 の1系統とも親系統や F_1 系統よりも小さく，形も波状をしていて（図版 XIV, 第4図），正常でないものがある。菌柄の長さは *1112*, *1113* の2系統は親系統および F_1 系統よりも平均値が小さく，*323* と *1111* は大きくなっていて，菌傘直径，菌傘組織の肉厚，菌柄直径の大きさは両親の間に分布している。



第 1 図　シイタケ子実体の各形態別頻度分布

3. 子実体の発生時期　第2図は親系統および F_1 系統の発生時期別の子実体の発現率を示し，第5表は各系統の発芽時期を示したものである。系統 *222* は 10 月 3 日に多くの発芽がなされていることから，10 月 3 日以前の温度条件下で発芽準備が行われていたものと考えられる。これを自記温湿度計の記録によってみると，1 日の最高最低温度が 15～25°C の高温で，また 10 月下旬から 11 月初旬は 8～18°C の中温で発芽がなされている。同様に系統 *1213* は 12 月 27 日，1 月 5 日，3 月 11 日に発芽していることから，3～12°C，−3～10°C の低温で発芽し他の系統，*12*，*21*，*2321*，*3121*，*432* は上記 2 系統の間にあって最も広い発芽可能な温度範囲を示しているが，しかしこれら 5 系統は発生時期別の発芽率をみると（第6表）系統により異なり，換言すれば発芽適温が異なっている。

第5表　各系統の子実体の発芽時期

系統	発芽調査年月日									
	1960 年								1961 年	
	10 月			11 月		12 月			1 月	3 月
	3 日	15日	27日	12日	27日	8 日	15日	27日	5 日	11日
333	+	+	+	−	−	−	−	−	−	−
1212	−	−	−	−	−	−	−	+	+	+
21	−	−	+	+	+	+	+	+	+	+
2321	−	+	+	+	+	+	−	+	+	+
3121	+	+	+	−	−	−	−	+	+	−
12	+	+	+	+	+	+	−	+	+	+
432	+	+	+	+	+	−	−	+	+	−

第6表　各系統子実体の採取時期と発生率

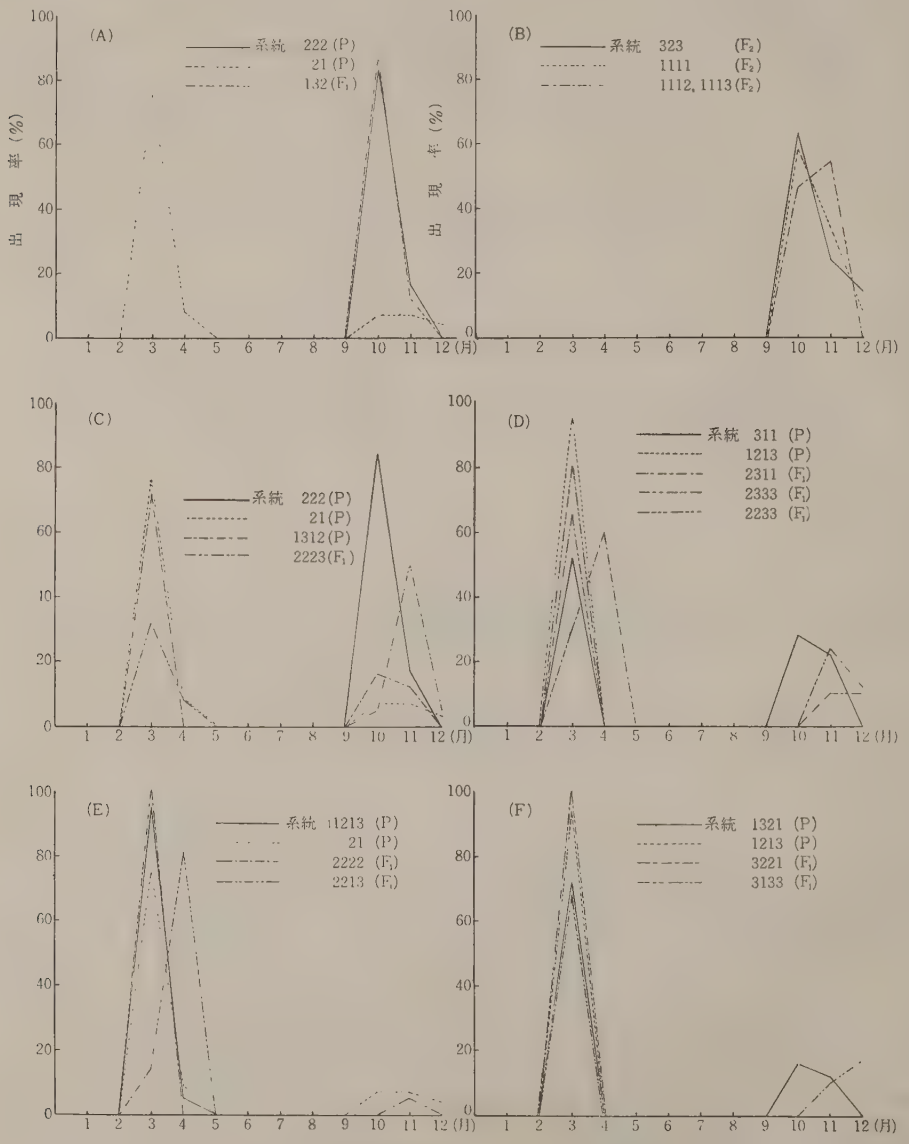
系統	採取年月日												全発生率（%）	全個数
	1960 年								1961 年					
	10 月			11 月			12 月			3 月		4 月		
	11日	20日	27日	7 日	17日	25日	9 日	16日	1 日	18日	30日	12日		
222	81.6	—	0.9	3.5	7.0	7.0	—	—	—	—	—	—	100	228
1213	—	—	—	—	—	—	—	—	3.0	44.6	47.6	4.8	100	168
21	3.6	1.4	1.1	2.3	—	3.6	4.0	—	4.7	—	70.3	9.0	100	273
2321	—	2.9	3.5	7.7	1.2	5.9	6.4	—	—	11.7	29.4	31.3	100	170
3121	8.1	1.2	0.4	12.9	1.8	19.5	10.7	—	—	13.9	14.7	16.8	100	273
12	3.2	3.2	1.8	6.9	6.0	12.4	11.2	0.9	7.9	12.0	18.4	16.1	100	217
432	12.0	11.4	0.6	29.7	4.0	7.4	13.2	—	—	—	21.9	—	100	175

第2図（A）において，系統 *21*（低温型）と系統 *222*（高温・中温型）を交雑して得られた F_1 系統 *132* は高温・中温型を示し，その F_2 系統 *323*，*1111*，*1112*，*1113*（第2図（B））も同様に高温・中温型になった。

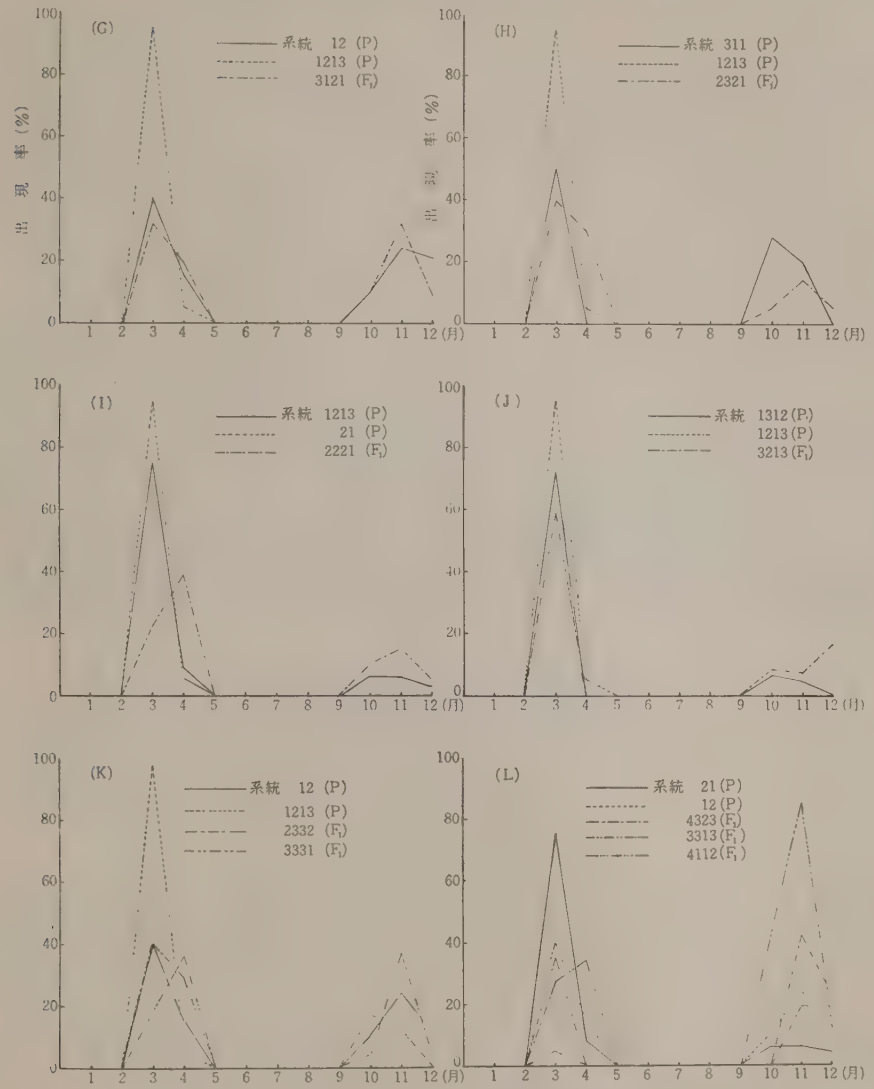
第2図（E）と（I）は，両親は同一であるが，（E）は系統 *21* と *1213* の一核菌糸体同志の交配で（I）は系統 *1213* の二核菌糸体と *21* の一核菌糸体の組合わせである。第2図（F）と（J）も同様で，これら4組合わせをみると両親は低温型でその F_1 系統も低温型を示しているが，一核菌糸体同志の交配組合わせ（第2図，E F）の系統の方が両親に近似の発現率を示した。

第2図，G K L のように低温型と高温・中温・低温型との組合わせによる F_1 系統は低温・中温型になるが，その発現率をみると中温型の条件で片親の示す値よりも高い値を示すものもあった。

以上のことから低温型と高温・中温型および低温型と高温・中温・低温型の組合わせでは F_1 子実体の発現率は高温・中温型にかたよる傾向が認められた。



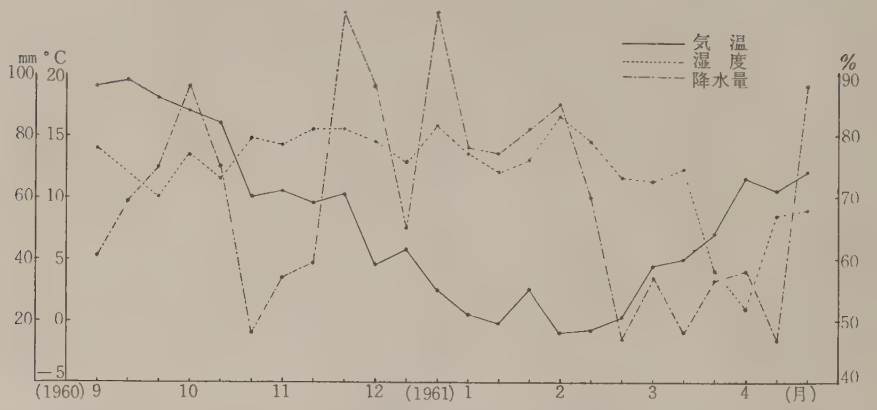
第 2 図　両親系統と F_1 系統の発生時期



第 2 図　両親系統と F_1 系統の発生時期

4. 子実体の発芽発育と湿度および降水量の関係　シイタケの子実体発芽の条件としては温度条件と並んで湿度条件が大きな影響をおよぼしている。第3図は試験地の午前9時における温湿度を月の上，中，下旬に分けて，その平均値を示し，降水量は鳥取市内にある鳥取地方気象台にて記録した月の上，中，下旬の総雨量で示したものである。

第3図および第5表，第6表から 10 月 3 日に大量発芽した系統 222 およびその他の系統については，その発



第 3 図　試験地環境の気温，湿度および降水量

芽時以前に旬間 70 mm 以上の降雨があり，圃場内湿度も 70% 以上に保たれていた。11 月 25 日に採取した系統は 11 月 12 日の調査で発芽が確認された系統であり，それ以前の降水量は 10 月下旬が 17 mm，11 月上旬が 38 mm で比較的少ないが，圃場内の空中湿度は平均 30% および 76% と比較的高い値を示している。3 月に採取した系統は，12 月下旬から 1 月上旬の調査で発芽が確認されたもので，その後の降雪で低温のため発育が抑えられ，3 月に至って気温の上昇とともに積雪が溶けて 70% 以上の湿度条件を得て遂次発育した。4 月 12 日採取した系統は，比較的湿度の高い 3 月上旬に発芽したものであるが，その直後のフェーン現象による乾燥のために気温は上昇してきたにもかかわらず，湿度が低いために発育に 15〜20 日間を要した。

第 7 表　各系統子実体の生重量に対する乾燥重量比

系統	発生月別重量比 (%)				
	1960 年			1961 年	
	10月	11 月	12 月	3 月	4 月
12	14.8	12.5	27.0	26.0	27.0
3321	10.0	7.3	16.0	29.0	30.0
113	13.1	8.5	13.2	24.0	27.0
112	12.7	9.5	18.5	30.0	30.0
2221	13.9	9.0	16.0	24.0	29.0
2223	12.8	13.4	—	33.0	38.0
2321	14.5	9.2	—	26.0	32.0
2331	—	7.6	17.1	20.0	24.0
2332	12.0	10.3	17.5	20.0	26.0
3121	7.7	9.1	—	29.0	33.0
3131	13.9	11.9	15.0	33.0	33.0
3133	9.7	16.6	17.4	32.0	35.0
3113	—	8.0	15.5	30.0	32.0
3311	—	9.2	9.4	19.0	24.0
21	20.5	18.0	—	35.0	40.0
222	7.0	7.7	—	—	—
1213	—	—	—	27.0	32.0
2313	10.0	7.3	16.0	29.0	39.0

以上のことからシイタケの子実体の発芽，発育には榾木の置かれた環境の関係湿度が 70% 以上保持出来る条件が必要であることがわかる。

5. 子実体の生重量に対する乾燥重量比　シイタケ子実体の生重量に対する乾燥重量比は，同一系統でも発育する環境の気象条件により異なり，第3表，第7表から 10 月，11 月，12 月に発生したものは値が小さく，3 月，4 月の湿度の低い時期に発育したものは大きい値を示している。

菌傘間の同一発育時期における相異は前表 1～2，第7表から菌傘組織の肉厚，菌傘の大きさに比例して乾燥比が大きく，菌傘肉質組織の緻密なもの程大きくなっている。

6. 子実体表面の色沢　シイタケ子実体菌傘表面の色沢は，同一系統でも発生する時期および子実体の含有する水分の度合によって異なり，高温，中温で発育すると色沢よく，低温条件で発育すると色沢悪くなってくる。又外界の湿度が 70% 以下で発育すると，菌傘表面に放射状の亀裂が生じ（図版 XIV，第 5 図），白色の菌傘組織が露出して亀裂と亀裂の間に着色部が点在している状態になり，湿度が 75% 以上の場合には菌傘表面の亀裂は生じない。

色沢の異なる両系統間の F_1 子実体は，第8表に示す如く，淡色の親の色を示している。

シイタケの子実体表面の白色の毛も系統により多いもの，少ないもの，又菌傘表面に点在するもの或は輪生するもの等の差異があるが，系統 *12* は白色の毛が菌傘表面に点在しており，系統 *12* と交雑した F_1 子実体は系統 *12* に似て点在している（図版 XIV，第 6～8 図）。

第8表　両親および F_1 子実体の菌傘表面の色

両親の色	F_1 の色	両親の色	F_1 の色
222（赤褐）× *21*（茶褐）	*131*（淡褐） *132*（〃）	*1213*（淡褐）×*12*（淡褐）	*2332*（淡褐） *3112*（〃） *3121*（〃） *3331*（〃）
12（淡褐）× *21*（茶褐）	*3313*（淡褐） *4112*（〃） *4323*（〃）	*1213*（淡褐）×*1312*（茶褐）	*3133*（淡褐） *3213*（〃） *3221*（〃） *4111*（〃）
1213（淡褐）× *21*（茶褐）	*2212*（淡褐） *2213*（〃） *2221*（〃） *2222*（〃）	*222*（赤褐）× *21*（茶褐） ×*1312*（茶褐）	*1212*（淡褐） *2223*（〃）

IV 摘　　要

1. 1959 年 3 月，各地から集めた 7 系統を使って 43 組合わせ，1960 年 3 月，*12* 系統を使って 62 組合わせの雑種二核菌糸体を得，これを原木コナラ（*Quercus serrata*）に接種し，1959 年から 1961 年 3 月までに発生した F_1 および F_2 子実体の形態および発生時期について調査した。その中から 6 系統について 21 組合せ子実体を選び，それらの間の差異について中間報告する。

2. 菌傘の直径，菌傘組織の肉厚，菌柄の長さ，菌柄径等と一般に発生の頻度の多い不規則で，発生時期が高温条件から低温条件に変化に従って変異係数が小さくなる傾向があり，不規則な系統とがあった。又同一系統内でも，発生する時期によって各部分の大きさや，変異係数に差が認められた。

3. 子実体の発芽温度は系統によって異なり，1 日の最高最低温度が 15～25 C の温度時期に発生する高温型，15～25°C，8～18°C の高温・中温型，8～18°C，3～12°C の低温・中温型，3～12°C の低温型などの系統が認められた。

4. 低温型と高温・中温型との交雑によって得られた F_1，F_2 系統は高温・中温型を示し，低温型と中温・低温型との F_1 系統は低温・中温型で，中温条件では片親よりも高い子実体発現率を示した。

5. 子実体は関係湿度 70% 以上の環境条件で多量発芽した。

6. 子実体の生重量に対する乾燥重量比は，子実体の含有水分に関係[illegible]

程大きく，形態的には菌傘組織の肉厚，菌柄直径の大きいものおよび菌傘肉質組織の緻密なもの程大きくなっている。

7. 菌傘の色沢は系統によって赤褐色，淡褐色，茶褐色，濃茶褐色などの差があり，同一系統内では高温で発育すると淡く，低温条件で発育すると濃くなる。又関係湿度の高い環境条件で発育すると濃く，70% 以下の低い湿度条件で発育すると，菌傘表面に亀裂が生じ，白色の肉質組織が裸出して来る。また亀裂と亀裂の間の着色部も淡い。

8. 茶褐色の親と赤褐色の親との F_1 子実体の色沢は淡褐色で，茶褐色と淡褐色との組合わせでも淡褐色となり，淡い方の親に近似していた。

参 考 文 献

1. Buller, A. H. R. (1931): Researches on Fungi. **4**.
2. 木村劼二 (1954): 両和合性複相菌糸による帽菌類の diploidisation について. 植物学雑誌. **67**: 238～242.
3. 小田島輝一 (1956): シイタケの品種改良に関する研究，IV. 北海道立林業指導所報告. **11**: 228～250.
4. 長尾正人 (1958): 育種学大要.
5. 西門義一・山内己酉 (1935): シイタケの性について. 茸類の研究. **1**(2): 31～39.
6. 温水竹則・安藤正武・堂園安生 (1959): シイタケ子実体の発生時期，発生量および形態. 林業試験場研究報告. **116**: 27～57.
7. ・ ・ ― (1960): シイタケの交雑 F_1 の発生量および形態. 林業試験場研究報告. **125**: 57～65.
8. 小川潤次郎・山本純恭訳 (1958): メーサー生物統計学.
9. 寺川一彦 (1960): 推測統計法.
10. 安川数太郎・内山守常 (1956): 新統計学.

図 版 説 明

図 版 XIV

第1図. シイタケ菌糸を接種した榾木 (Log-wood) を図の様に積み，榾木の乾燥を防ぎ接種直後の菌糸の活着，蔓延を促進する。

第2図. 井桁積み。

第3図. 菌糸の蔓延が完了した後に合掌の形に立てた榾木と巨農箱。

第4図. 交雑 *21*×*222* の F_1 子実体 (系統 *1111*)。菌が波状をしている。

第5図. 系統 *21*. 低い湿度条件で発育し，菌傘表面に亀裂が生じている。

第6図. 親系統 *82*. 比較的多湿条件で発育した子実体。

第7図. 親系統 *12*. 菌傘表面に白色りん毛が点在している。

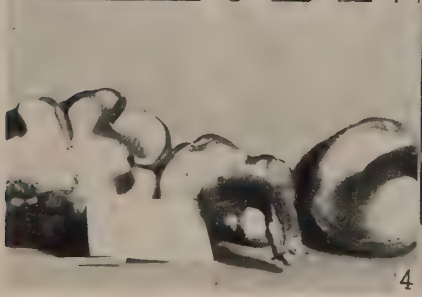
第8図. 交雑 *82*×12 の F_1 系統 (*3121*) の子実体。系統 *12* に似て白色りん毛が点在している。

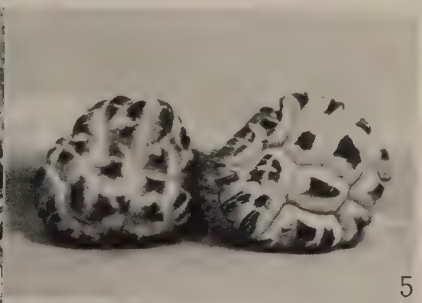
図版 XIV

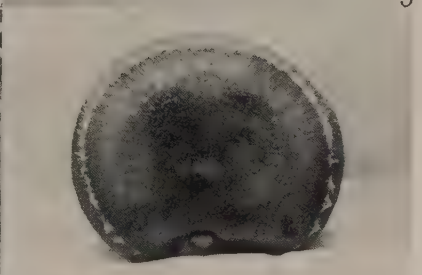
1

2

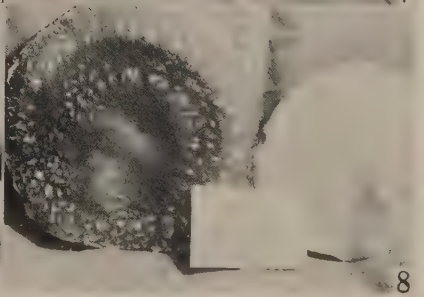
3


4


5


6

7


8

付　表 1　同一系統内の発生時期別の形態変化

系　統	採取月	平均値及変動係数	形態 Pd	Ptd	Gw	Sl	Sd	n
P *12*	10	M mm	88.8± 8.5	12.8± 0.3	5.3± 0.5	37.5± 2.7	9.2± 0.7	18
		C %	19.2	17.6	19.2	11.3	15.9	
	11	M	80.4± 5.0	10.4± 0.4	5.5± 0.4	30.5± 2.0	9.2± 0.6	55
		C	22.8	15.4	28.7	24.1	26.2	
	12	M	74.5± 9.7	9.4± 0.9	4.9± 0.4	31.9± 2.4	8.8± 1.4	26
		C	32.4	23.2	17.7	10.6	19.6	
	3	M	61.6± 2.4	7.8± 0.8	4.4± 0.2	25.0± 1.7	9.6± 1.1	91
		C	18.7	47.3	21.6	32.4	55.7	
	全体	M	71.4± 2.9	9.2± 0.7	4.7± 0.2	28.7± 1.2	9.3± 0.6	190
		C	28.4	34.2	27.8	30.0	41.4	
P *222*	10	M	59.3± 0.8	5.2± 0.1	5.0± 0	34.5± 0.6	6.0± 0	188
		C	9.1	5.0	2.0	12.6	4.7	
	11	M	56.5± 4.7	6.3± 0.6	5.1± 0.4	24.1± 2.0	6.9± 0.5	39
		C	22.5	19.9	20.4	28.1	21.7	
	全体	M	59.3± 1.0	5.4± 0.2	5.0± 0.1	32.7± 0.8	6.2± 1.0	227
		C	13.2	22.3	10.3	19.1	12.3	
P *21*	10	M	71.8±10.9	11.4± 1.2	4.9± 2.3	38.3± 5.2	9.2± 0.9	17
		C	29.3	29.3	90.0	26.7	19.4	
	11	M	80.3±12.3	13.2± 2.6	5.0± 1.2	39.1± 6.8	10.1± 1.2	16
		C	28.6	36.5	44.8	32.7	20.1	
	12	M	60.5±10.4	9.2± 1.8	3.7± 1.1	35.0± 5.9	8.5± 1.0	10
		C	24.6	27.1	41.3	23.4	15.8	
	3	M	51.5± 1.4	11.7± 0.2	3.6± 0.1	29.6± 0.9	10.6± 0.2	205
		C	19.6	13.2	27.2	22.8	12.2	
	全体	M	55.1± 1.9	11.6± 0.3	3.8± 0.1	31.0± 1.0	10.4± 0.2	248
		C	28.1	18.8	32.0	26.0	15.7	
P *1213*	3	M	76.6± 2.5	10.0± 0.4	6.8± 0.3	32.6± 0.9	11.7± 0.6	160
		C	21.1	23.9	20.9	18.8	33.9	
	全体	M	〃	〃	〃	〃	〃	〃
		C	〃	〃	〃	〃	〃	
F_1 *3121* *12(5)×1213(7)*	10	M	83.2± 8.0	6.2± 0.6	4.7± 0.3	37.8± 2.9	9.7± 0.6	26
		C	26.6	42.9	15.3	19.1	15.4	
	11	M	74.9± 5.1	8.1± 0.4	5.0± 0.4	32.1± 2.6	8.6± 0.3	81
		C	35.1	25.3	39.8	36.5	16.4	
	12	M	66.9±10.7	9.6± 0.1	4.9± 0.6	32.8±17.9	7.1± 1.9	17
		C	31.1	12.3	22.4	25.9	52.7	
	3	M	47.1± 3.0	6.6± 0.4	4.4± 0.2	24.6± 1.5	9.3 ±0.4	78
		C	28.7	24.7	24.1	27.5	20.0	
	全体	M	64.6± 1.8	7.6± 0.3	4.7± 0.2	29.9± 1.4	8.8± 0.3	202
		C	20.5	29.8	31.8	33.0	22.3	
F_1 *432* *12(13)×222(6)*	10	M	61.2± 9.1	9.6± 0.6	5.1± 0.2	26.0± 1.6	7.8± 0.8	12
		C	47.0	19.2	13.9	20.0	27.1	
	11	M	72.5± 4.8	12.3± 0.8	6.6± 0.4	29.4± 2.3	9.0± 0.5	72
		C	35.1	29.3	25.4	33.0	25.8	
	12	M	59.1± 5.3	7.6± 1.2	4.6± 0.4	21.6± 4.0	6.6± 0.5	23
		C	20.1	36.9	17.4	10.7	23.9	
	3	M	47.9± 2.3	6.2± 0.2	3.5± 0.1	17.1± 0.7	8.2± 1.2	38
		C	13.1	12.1	6.8	12.9	15.5	
	全体	M	62.9± 2.8	10.1± 0.4	5.3± 0.2	24.9± 1.2	8.2± 0.3	175
		C	29.8	25.2	31.8	32.3	24.3	

付 表 1 (続)

系統	採取月	平均値及変動係数	形態 Pd	Ptd	Gw	Sl	Sd	n
F_1 2321 311(11)×1213(10)	10	M mm	60.0± 5.2	11.0± 1.4	5.1± 2.0	44.1± 4.2	9.7± 0.9	11
		C %	12.9	19.0	58.8	14.1	13.0	
	11	M	70.0± 6.0	14.3± 2.1	6.0± 0.6	50.8± 4.8	13.2± 0.8	25
		C	20.5	35.6	24.8	22.5	14.3	
	12	M	91.8± 9.7	11.8± 3.1	5.4± 0.7	45.0± 5.0	13.0± 0.9	11
		C	15.6	39.6	17.6	16.5	14.2	
	3	M	73.0± 4.1	10.6± 0.6	5.8± 0.5	32.3± 2.3	14.7± 1.1	71
		C	23.6	23.3	38.6	30.0	33.2	
	全体	M	73.1± 3.1	11.6± 0.7	5.7± 0.3	38.5± 2.3	13.8± 0.7	118
		C	23.5	32.0	33.1	32.0	29.5	

Pd: 菌傘の直径　Ptd: 菌傘組織の肉厚　Gw: ヒダの幅　Sl: 菌柄の長さ　Sd: 菌柄直径
n: 採取個数　M: 平均値　C: 変動係数

付 表 2 シイタケの子実体の菌傘直径に対する各部分の相関

系統	相関	採取月別相関係数 10	11	12	3	系統	相関	採取月別相関係数 10	11	12	3
222	A	0.290	0.679			21	A	0.544	0.622	0.919	0.507
	B	0.860	0.401				B	0.613	0.869	0.985	0.890
	C	0.785	0.635				C	0.639	0.706	0.957	0.803
	D	0.222	0.581				D	0.593	0.685	0.240	0.836
132	A	0.971	0.781			3121	A	0.587	0.665	0.806	0.742
	B	0.916	0.797				B	0.686	0.564	0.574	0.789
	C	0.587	0.885				C	0.617	0.647	0.074	0.879
	D	0.212	0.055				D	0.706	0.465	0.849	0.821
12	A	0.508	0.849	0.423		432	A	0.553	0.778	0.926	0.667
	B	0.504	0.701	0.764			B	0.505	0.784	0.827	0.314
	C	0.024	0.347	0.410			C	0.539	0.880	0.710	0.482
	D	0.136	0.383	0.709			D				
2223	A	0.662	0.609	0.880	0.732	1312	A	0.865	0.918		0.619
	B	0.901	0.524	0.755	0.464		B	0.816	0.982		0.749
	C	0.135	0.556	0.755	0.508		C	0.946	0.802		0.652
	D	0.602	0.967	0.933	0.619		D	0.800	0.964		0.397
3213	A	0.796	0.425	0.365	0.695	1213	A				0.692
	B	0.605	0.781	0.809	0.465		B				0.709
	C	0.485	−0.058	0.928	0.636		C				0.488
	D	0.624	0.338	0.590	0.642		D				0.633

付　表 3　両親とその F_1 系統の子実体の形態

試験区	系　統		平 Pd	平 Ptd	憩 Gw	憩 Sl	憩 Sd
A	*222*	(P)	59.3± 1.0	5.4± 0.2	5.0± 0.1	32.7± 0.8	6.2± 1.0
	21	(P)	55.1± 1.9	11.6± 0.3	3.8± 0.1	31.0± 1.0	10.4± 0.2
平均値	*132*	(F_1)	75.8± 4.5	11.7± 0.5	5.9± 0.2	35.0± 1.9	8.0± 0.3
分散比	F^{2}_{537} (0.01)=4.60 (0.05)=3.99		F=62.30	F=857.00	F=225.00	F=14.11	F=801.54
	222	(P)	52.3± 1.0	5.4± 0.2	5.0± 0.1	32.7± 0.8	6.2± 1.0
B	*21*	(P)	55.1± 1.9	11.6± 0.3	3.8± 0.1	31.0± 1.0	10.4± 0.2
平均値	*1312*	(P)	62.8± 8.2	8.9± 1.1	4.9± 0.5	33.0± 2.6	8.9± 0.6
	2223	(F_1)	77.4± 4.3	10.6± 0.6	4.9± 0.3	35.0± 2.2	10.4± 0.5
	1212	(F_1)	86.7± 8.1	11.5± 1.5	5.3± 0.5	32.7± 4.4	10.5± 0.8
	21	(P)	55.1± 1.9	11.6± 0.3	3.8± 0.1	31.0± 1.0	10.4± 0.2
	222	(P)	59.3± 1.0	5.4± 0.2	5.0± 0.1	32.7± 0.8	6.2± 1.0
C	*132*	(F_1)	75.8± 4.5	11.7± 0.5	5.9± 0.2	35.0± 1.9	8.0± 0.3
	1111	(F_2)	58.2± 4.9	8.6± 0.9	3.6± 0.3	43.7± 3.1	9.5± 0.6
平均値	*1112*	(F_2)	63.5± 4.9	6.2± 0.2	3.1± 0.7	26.5± 9.4	7.4± 0.9
	1113	(F_2)	49.4± 4.6	6.8± 0.6	4.1± 0.4	26.6± 2.3	7.7± 0.6
	323	(F_2)	58.8± 5.3	9.2± 0.9	3.2± 0.2	35.4± 2.5	9.6± 0.6
分散比	F^{6}_{741} (0.01)=2.80 (0.05)=2.09		F=16.60	F=110.30	F=97.00	F=23.90	F=131.30
	311	(P)	64.4± 3.1	9.1± 0.4	4.1± 0.2	30.8± 1.8	10.4± 0.3
D	*1213*	(P)	76.6± 2.5	10.0± 0.4	6.8± 0.3	32.6± 0.9	11.7± 0.6
	2311	(F_1)	73.5± 9.9	8.2± 1.0	4.8± 0.7	30.0± 2.4	10.5± 1.3
平均値	*2333*	(F_1)	68.2± 5.3	8.2± 0.8	4.7± 0.5	31.8± 3.6	9.8± 0.8
	2233	(F_1)	72.6± 4.1	10.4± 0.7	5.5± 0.4	34.8± 2.4	12.2± 0.8
分散比	F^{4}_{467} (0.01)=3.32 (0.05)=2.37		F=10.1	F=9.0	F=48.7	F=3.8	F=−18.3
	21	(P)	55.1± 1.9	11.6± 0.3	3.8± 0.1	31.0± 1.0	10.4± 0.2
E	*1213*	(P)	76.6± 2.5	10.0± 0.4	6.8± 0.3	32.6± 0.9	11.7± 0.6
平均値	*2213*	(F_1)	104.6±13.1	16.0± 2.6	7.0± 1.4	40.8± 6.4	14.3± 2.4
	2222	(F_1)	72.7± 9.2	10.7± 1.9	5.0± 0.8	30.0± 4.4	14.4± 1.5
分散比	F^{3}_{431} (0.01)=3.78 (0.05)=2.60		F=87.10	F=42.70	F=93.0	F=7.73	F=−36.28
	1213	(P)	76.6± 2.5	10.0± 0.4	6.8± 0.3	32.6± 0.9	11.7± 0.6
F	*1312*	(P)	62.8± 8.2	8.9± 1.1	4.9± 0.5	33.0± 2.6	8.9± 0.6
平均値	*3133*	(F_1)	69.5± 5.0	9.7± 0.7	5.7± 0.3	34.3± 2.7	10.1± 0.8
	3221	(F_1)	65.0± 3.8	7.3± 0.7	4.4± 0.2	31.1± 1.9	10.5± 0.8
分散比	F^{3}_{342} (0.01)=3.78 (0.05)=2.60		F=141.2	F=12.9	F=30.7	F=0.72	F=−18.0

付 表 3 (続)

測定値	系 統		形態 Pd	Ptd	Gw	Sl	Sd
G	*311*	(P)	64.4± 3.1	9.1± 0.4	4.1± 0.2	30.8± 1.8	10.4± 0.3
平均値	*1213*	(P)	76.6± 2.5	10.0± 0.4	6.8± 0.3	32.6± 0.9	11.7± 0.6
	2321	(F_1)	73.1± 3.1	11.6± 0.7	5.7± 0.3	38.5± 2.3	13.8± 0.7
分散比	F^{2}_{454} (0.01)=4.60 (0.05)=3.99		F=30.50	F=37.30	F=101.30	F=22.60	F=−8.58
H	*12*	(P)	71.4± 2.9	9.2± 0.7	4.7± 0.2	28.7± 1.2	9.3± 0.6
平均値	*222*	(P)	59.3± 1.0	5.4± 0.2	5.0± 0.1	32.7± 0.8	6.2± 1.0
	432	(F_1)	62.9± 2.8	10.1± 0.4	5.3± 0.2	24.9± 1.2	8.2± 0.3
分散比	F^{2}_{589} (0.01)=4.60 (0.05)=3.99		F=7.87	F=213.80	F=7.5	F=45.60	F=90.30
I	*1312*	(P)	62.8± 8.2	8.9± 1.1	4.9± 0.5	33.0± 2.6	8.9± 0.6
平均値	*1213*	(P)	76.6± 2.5	10.0± 0.4	6.8± 0.3	32.6± 0.9	11.7± 0.6
	3213	(F_1)	72.4± 3.3	9.5± 0.9	5.2± 0.2	33.9± 1.5	12.4± 0.6
分散比	F^{2}_{311} (0.01)=4.60 (0.05)=3.99		F=11.10	F=2.61	F=34.00	F=0.89	F=−4.90
J	*12*	(P)	71.4± 2.9	9.2± 0.7	4.7± 0.2	28.7± 1.2	9.3± 0.6
	1213	(P)	76.6± 2.5	10.0± 0.4	6.8± 0.3	32.6± 0.9	11.7± 0.6
平均値	*2332*	(F_1)	70.0± 3.4	13.2± 0.5	5.8± 0.3	39.7± 1.6	13.4± 0.6
	3331	(F_1)	79.7± 3.6	13.1± 0.8	5.9± 0.3	41.7± 3.4	14.4± 1.2
分散比	F^{3}_{521} (0.01)=3.78 (0.05)=2.60		F=7.30	F=59.60	F=42.70	F=57.80	F=18.30

Pd：菌傘の直径　Ptd：菌傘組織の肉厚　Gw：ヒダの幅　Sl：菌柄の長さ　Sd：菌柄の直径

(註)

要因	偏差平方和	自由和	分散	分散比
品種間の変異 Sb	(a)−(b)	$m-1$	$u^2=\frac{Sb}{m-1}$	$F^{m-1}_{N-m}=\frac{u^2}{V^2}$
品種間内の変異 Sw	S−Sb	$N-m$	$V^2=\frac{Sw}{N-m}$	
総変異 S	(c)−(b)	$N-1$		

a：$\frac{\text{各系統測定値の和の自乗}}{\text{各系統測定個数}}$ の総和

b：$\frac{\text{全系統の測定値総和の自乗}}{\text{総測定個数}}$

c：全系統各測定値自乗の総和

m：系統数

N：総測定個数

陽光の直射によるシイタケ榾木内温度の変化について*

松本由友・渡辺　章

Yoshitomo MATSUMOTO and Akira WATANABE: On the variation of temperature of inner part of bed-log of *Lentinus edodes* by direct sunlight.

I まえがき

シイタケ栽培において榾場に陽光の直射することは，榾場の気温を上昇させ，或は蒸発を促進して湿度を低下させるなどの影響を与えるが，陽光が榾木を直接直射する場合は，直射熱を吸収して著しく榾木内の温度を高め，高温に弱いシイタケ菌糸を衰弱又は枯死させる傾向があるので，陽光の直射による榾木内温度の変化を調査する必要を認め，本研究を行なったものである。

II 試験の場所，設備，器具および供試材料

1. 試験の場所　鳥取市富安 82 の 1，全国椎茸普及会構内。
2. 人工庇陰　人工庇陰は地上 1.7 m の位置に水平に簀を張って日蔭をつくり，庇陰度 70% 位に調節する。
3. 温度測定器　榾木内温度の測定は応用電子工業株式会社製作の電子温度計 T-40 型を使用した。
4. 供試材料　主として植菌後2カ年を経過した3年榾を供試材料とした。

III 試験方法

榾木内の温度の測定は裸地および人工庇陰内において行ない，供試材料はいずれも前日より測温場所に運び，地上に枕を当て，これに榾木をもたせかけておいた。温度の測定は 10 時，12 時，14 時，16 時に行ない，榾木の測温位置は榾木の中央部附近で上面（陽光の直射面）と下面（裏面）にそれぞれ3カ所宛を測り，平均値を算出する。温度計は榾木表面下 1.5 cm の深さに測温抵抗体をやや斜に挿入し，榾木内の温度を測った。

なお，榾木内温度と外気温度との関係を見るため，試験地より約 3 km 離れた鳥取気象台の自記温度計による観測表を併載した。勿論両地の間には局部気象の相違があるので正確ではないが，比較的近い場所にあるので，参考として利用することとした。

IV 試験結果および考察

本試験は昭和 35 年 5 月 [illegible] 同年 10 月までの間の任意の時期に実施を行なったが，[illegible] 8 月は温度計の測温抵抗体を破損したため，修理に時日を要し温度の測定ができなかった。

本試験は測定件数が極めて僅少であり又天候の晴曇にもそれぞれ程度の相違があって，日によりその現われ方に差異があるので，季別変化については，的確な判断が困難であるが，これにより大体の傾向を知ることができる。

1. 晴天日において陽光の直射をうけた榾木内温度の変化

陽光の直射をうけた榾木内温度の季別，時刻別の変化は，第1表の通りである。

* 菌蕈研究所研究業績，第9号 (Contributions from the Tottori Mycological Institute. No. 9).

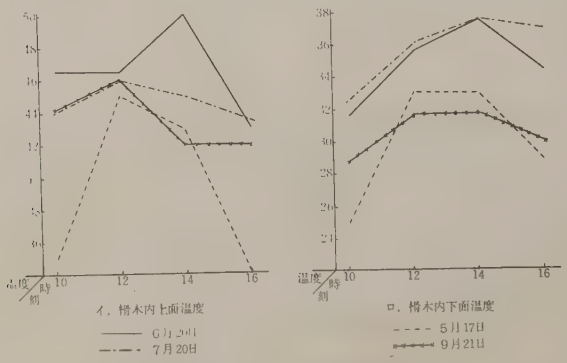
第1表 晴天日の直射光線をうけた楮木内の温度

測定月日	測定時刻	天候	楮木内温度 気温	上面	下面	上面と下面の温度差
	時		°C	°C	°C	°C
5.16	10	晴	19.9	34.0	26.0	8.0
	12	〃	21.3	39.0	29.0	10.0
	14	〃	22.0	38.5	30.0	8.5
	16	〃	20.7	35.0	29.0	6.0
5.17	10	〃	23.2	35.0	25.0	10.0
	12	〃	24.6	45.0	33.0	12.0
	14	〃	23.0	43.0	33.0	10.0
	16	〃	22.2	34.0	29.0	5.0
6.20	10	〃	25.8	46.5	31.5	15.0
	12	〃	26.0	46.5	35.5	11.0
	14	〃	26.0	50.0	37.5	12.5
	16	〃	27.8	43.0	34.5	8.5
7.19	10	〃	28.9	44.0	34.0	10.0
	12	〃	29.2	47.0	37.0	10.0
7.19	14	晴	29.8	46.0	37.5	8.5
	16	〃	29.5	46.0	36.5	9.5
7.20	10	〃	28.6	44.0	32.5	11.5
	12	〃	31.0	46.0	36.0	10.0
	14	〃	29.2	45.0	37.5	7.5
	16	〃	30.8	43.5	37.0	6.5
9.21	10	〃	24.3	44.2	28.8	15.4
	12	〃	25.0	46.0	31.7	14.3
	14	〃	26.6	42.0	31.8	10.2
	16	〃	25.9	42.0	30.0	12.0
10.20	10	〃	17.6	30.0	23.8	6.2
	12	〃	19.2	32.0	23.9	8.1
	14	〃	18.7	31.8	24.2	7.6
	16	〃	17.9	23.3	20.3	3.0

前表の通り，陽光の直射をうけた楮木は輻射熱を吸収して楮木内の温度は異常に上昇する。

a. 直射光線をうける楮木内温度の月別，時刻別の推移　第1表の通り5月より10月における月別の楮木内上面（直射面）の温度は，概して6月が最も高く，7月がこれにつぎ，以下9月，5月の順序となり，気温の低い10月では，急激に低下している。楮木内下面の温度については，木材が熱の不良導体であるため，楮木上面の温度が下面に伝導される量は少なく，主として反射光線と気温によって温められるので，上面の温度に較べ著しく低温である。月別では気温の高い7月が最も高く，6月がこれに次ぎ，5月，9月は相当低くなり，10月にいたって急低下する。

つぎに時刻別の推移については，楮木内上面の温度は，10時には太陽の輻射熱もかなり強くなるので温度も相当高くなっているが，これより次第に上昇して12時頃最高に達し，以後漸次低下している。楮木内下面の温度は，10時には未だ低温で，12時頃までやや急激に上昇し，更に14時頃まで比較的緩慢に上昇してほぼ最高に達し，以後は漸減する。



第1図　月別時刻別楮木内温度

今5月17日，6月20日，7月20日，9月21日の楮木内温度を比較すると第1圖の通りである。

楮木内上面の温度は気温の低い7月17日のものが，10時および16時に34～35°Cまで低下しているが，大体10時の44～46.5°Cより緩慢に上昇して12時の45～46.5°Cの最高に達し，14時にはやや降って42～45°C（6月20日の50°Cを除き）となり，16時には42～43.5°Cに降下する。6月20日の楮木内上面温度が，最高を示しているのは，

6月は太陽高度が最高に来ることと関係があるように考えられる。

なお，第1表より5月16日は，17日に比較して日盛りの12時，14時の上面温度が著しく低いことについて，当日の気温を見ると，16日は平均気温 19.5°C，最高気温 23.1°C であるに，17日は平均気温 20°C，最高気温 26.6°C となっており，最高気温で 3.5°C の開きがある。このことは両日の日盛りにおける輻射熱の強さの差異を示すもので，16日の低温もこれに原因している。

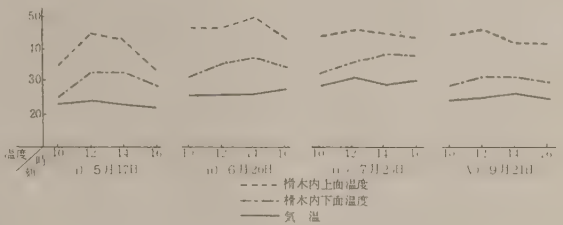
次に榾木内下面の温度は，上面の温度より著しく低くなっているが，大体6月，7月の比較的温度の高いグループと，5月，9月の温度の低いグループに別れている。

6月20日，7月20日では，10時の 32°C 内外より始まり，漸増して 12時の 35.5～36°C に昇り，更に上昇して 14時の 37.5°C の最高に達し，以後漸減する。5月17日，9月21日では 10時の 25～28.8°C より 12時の 31.7～33°C に達し，14時は，この温度を維持するか又は漸増して最高に達し，以後漸減している。

榾木内上面と下面の温度差は，傾向がはっきりしないが，時刻的には10時において 10～15.4°C，12時に 10～14.3°C，14時は 7.5～12.5°C，16時において 5～12°C になっており，概して 10時又は 12時が最高で以後漸減する傾向がある。

b. 榾木内温度と外気温度の関係　鳥取気象台の観測値を利用したものであるから，環境に相違があり信頼性に乏しいが，参考として掲げる。

第2図に見られるように，榾木内温度は，上面，下面共に気温より高いが，直接輻射熱を吸収する上面が著しく高くなっている。



第2図　榾木内温度と気温

先づ榾木内上面と外気の温度差は，11.8～24°C で両者の間に大きな差のあることが判かる。10時における温度差は 11.8～20.7°C，12時では 15～21°C，14時で 15.4～24°C，16時は 11.8～16.1°C となっており，概して 12時，16時に差の大きいことは，輻射熱の強いことを示している。又高温時の7月20日では，他の時季に比しその差が最も少ないのは，榾木内上面温度は余り差異がないのに，気温が著しく上昇するためである。次に榾木内下面と外気との温度差は，大体 1.8～11.5°C の範囲にある。時刻別に見ると，10時では 1.8～5.7°C，12時では 5～9.5°C，14時では 5.2～11.5°C，16時には 4.1～6.8°C となり，概して 10時の少差より次第に増加して 14時の最高に達し，次後漸減している。

2. 曇天日における榾木内の温度

曇天日における榾木内の温度は曇りの程度によって差異があり，確実な数字は摑み難いが，調査した範囲では，

第2表　曇天日における榾木内温度

測温月日	測温時刻	天候	気温	榾木内温度 上面	下面	上面と下面の温度差	測温月日	測温時刻	天候	気温	榾木内温度 上面	下面	上面と下面の温度差
	時		°C	°C	°C	°C		時		°C	°C	°C	°C
5.15	10	曇	16.9	21.0	20.0	1.0	7.16	14	晴	26.0	39.0	30.0	(9.0)
	12	〃	17.0	21.0	21.0	0		16	〃	26.0	40.0	31.0	(9.0)
	14	〃	16.9	23.5	20.5	3.0	9.18	10	薄曇	28.0	35.2	30.0	5.2
	16	〃	16.4	20.5	20.0	0.5		12	〃	27.8	34.7	31.5	3.2
7.16	10	曇	25.0	28.0	25.2	2.8		14	曇	28.6	34.0	31.2	2.8
	12	薄曇	25.9	28.5	27.0	1.5		16	〃	28.2	31.1	30.0	1.1

晴天日のそれに較べて遙かに低温である。今曇天の日の裸地における椙木内温度を示すと第2表の通りである。

曇天日における椙木内上面の温度は，7月 16 日が，14 時以降晴天に変っているので，この部分を除外すると，最高が 35.2°C で，最低は 20.5°C まで降り，晴天日の椙木内下面の温度に比較しても，更に低くなっている。曇天日の椙木内下面の温度は，最高 31.2°C，最低 20°C で，上面と下面の温度差が，0.～5.2°C 位にすぎず，晴天日のそれが，5～15.4°C であるのに較べて著しく少ない。

次に参考のため気温との比較を見ると，椙木内上面と外気の温度差は，7月 16 日の 14 時以後を除外し，2.6～7°C の範囲となり，下面と外気の温度差は 0.2～4°C にすぎず，晴天日のそれが，夫々 11.8～24°C，1.8～11.5°C であるのに比較して格段に少なくなっている。

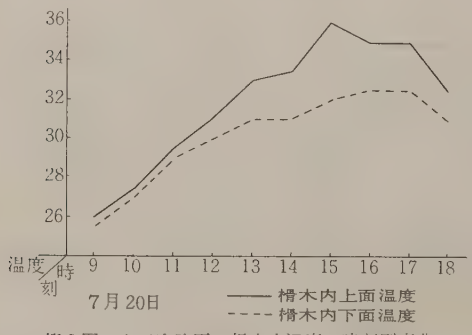
3. 人工庇陰内における椙木内の温度

人工庇陰内における椙木内の温度は，晴天日の日盛りにおいても，余り上昇しない。

第3表 人工庇陰内と裸地の椙木内温度の比較

測温月日	測温時刻	天候	気温	人工庇陰内			裸地	
				椙木内上面温度	椙木内下面温度	上面と下面の温度差	椙木内上面温度	椙木内下面温度
	時		°C	°C	°C	°C	°C	°C
5.17	10	晴	23.2	22.0	18.0	4.0	35.0	25.0
	12	〃	24.6	24.0	23.0	1.0	45.0	33.0
	14	〃	23.0	25.0	25.0	0	43.0	33.0
	16	〃	22.2	24.5	24.5	0	34.0	29.0
6.20	10	〃	25.8	25.5	24.5	1.0	46.5	31.5
	12	〃	26.0	28.8	27.0	1.8	46.0	35.5
	14	〃	26.0	33.0	28.5	4.5	50.0	37.5
	16	〃	25.9	32.0	28.5	3.5	43.0	34.5
7.20	10	〃	28.6	27.5	27.0	0.5	44.0	32.5
	12	〃	31.0	31.0	30.0	1.0	46.0	36.0
	14	〃	29.2	33.5	31.0	2.5	45.0	37.5
	16	〃	30.8	35.0	32.5	2.5	43.5	37.0

人工椙陰内における晴天日の椙木内上面の温度は，22～35°C の範囲に止まり，裸地におけるそれより 12～21°C 位も低くなっている。時刻的には 10 時の最低温度より，12 時まで急激に上昇し，以後漸進的に昇って，14 時頃ほぼ最高に達し，16 時までほぼその温度を維持しておる。

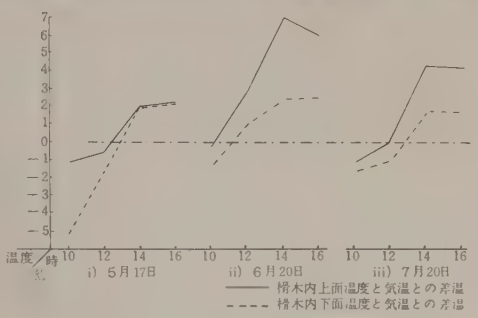


第3図 人工庇陰下の椙木内温度の時刻別変化

椙木内下面の温度は，18～32.5°C 位の範囲で，時刻的には上面の傾向に類似している。椙木内の上面と下面の温度差は，0～4.5°C 位にすぎず，裸地のそれが，5～15.4°C 位あるのに比較して著しく少なく，むしろ曇天日のそれに近い。今7月 20 日の人工庇陰内における時刻別の変化を示すと第3図の通り椙木内温度の昇降は，かなりスムーズに進んでおり，上面の温度は，15 時まで漸進的に上昇して最高に達し，これより 17 時まで高温を維持し，18 時には急激に降下している。下面の温度は，16 時まで緩慢に上昇して最高に達し，17 時までこの温度を持続し，18 時に至って，低下する。上面と下面の温度差は 11 時頃まで 0.5°C

位にすぎないが，以後漸次その差を増し，15 時に至って最高 1°C に達し，17 時頃より急激に減少して来る。

次に参考のため，榾木内温度と気温との差温について見ると榾木内温度が気温より低い時を［－］で表すと，榾木内上面と外気の差温は，10時までいずれも［－］の値を取り，以後急激に上昇して概ね 14 時頃最高に達するが，これより次第に低下する。差温の最大は 6 月 20 日で 7°C を示し，以下 7 月 20 日，5 月 17 日の順序となっている。榾木内下面と外気の差温は，概ね 12 時頃まで［－］の値を取り，14 時頃まで急激に上昇するが，以後は 16 時までこの差温を維持している。差温の最低は，10 時で，気温の低い 5 月 17 日には －5°C に達している。



第 4 図　人工庇陰内の榾木内温度と気温との差温

4. 榾木を人工庇陰内より裸地に出した場合の榾木内温度の時間的変化

榾木を晴天の日に人工庇陰内より裸地に出した場合，榾木内上面の温度が，どのように変化するかを調べた。

第 4 表　榾木を日蔭より裸地に出した場合の榾木内温度の変化

(1) 例

月日	8.5	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
時刻（時分）	9.14	9.19	9.24	9.29	9.34	9.39	9.44	9.49	9.54	9.59	10.04
経過時間（分）		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
天候	晴	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
榾木内上面温度 °C	30.0	34.9	36.1	36.7	37.2	38.0	38.8	38.9	38.6	38.9	38.9
気温 °C	32.1	32.4	32.5	32.6	32.6	32.7	32.8	32.8	32.8	32.9	32.9

(2) 例

月日	8.5	〃	〃	〃	〃	〃	〃
時刻（時分）	13.33	13.38	13.43	13.48	13.53	13.58	14.03
経過時間（分）		5	10	15	20	25	30
天候	晴	〃	〃	〃	〃	薄曇	〃
榾木内上面温度 °C	34.0	40.0	44.7	45.1	45.2	42.0	38.0
気温 °C	33.4	33.1	32.5	32.5	32.0	32.0	30.0

例 (3)

月日	8.3	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
時刻（時分）	14.22	14.27	14.32	14.37	14.42	14.47	14.52	15.12	15.22
経過時間（分）		5	10	15	20	25	30	50	90
天候	晴	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
榾木内上面温度 °C	35.6	40.0	41.0	43.0	44.0	44.0	45.0	47.0	46.5
気温 °C	32.6	32.6	32.7	32.7	32.9	32.8	32.4	32.4	32.4

第4表の通り椙木を人工庇陰内より裸地に出した場合，椙木内上面の温度は，最初の5分間に急上昇し，以後はやや緩慢に上昇を続けるが，(1) 例の8月5日9時14分より50分間調査したものでは，裸地に出してから35分で 38.9°C の恒温に達している。(2) 例の8月5日 13時33分より 30 分間調査したものは，裸地に出してから20分間で 45.2°C に達するが，以後天候悪変のため，急降下している。(3) 例の8月3日14時22分より1時間調査したものでは，椙木を裸地に出してから 50 分で，47°C のほぼ恒温に達している。

これらの点より判断し，椙木を庇陰内より裸地に出した場合の椙木内上面の温度は，30 分乃至 50 分後でほぼ恒温に達するようである。

5. 椙木の新古による椙木内温度の差異

椙木の新古による椙木内温度の差異を見るため，3年椙（原木に植歯後3年目の椙木）と6年椙（植歯後6年目の椙木）を使用し，晴天日に裸地において実験したが，その成績は第5表に示した通りである。

第5表 3年椙と6年椙の直射光線をうけた椙木内温度の差異

測温月日	測温時刻	天候	気温	椙木内温度			
				3年椙		6年椙	
				上面	下面	上面	下面
	時		°C	°C	°C	°C	°C
	12	晴	27.9	49.0	39.0	49.0	38.0
6.18	13	〃	28.0	45.0	39.0	48.0	38.0
	14	〃	27.3	42.0	38.0	48.0	36.0
	15	〃	27.1	46.0	37.0	51.0	37.0
	16	〃	25.9	43.0	36.0	48.0	35.5
	17	〃	25.3	44.0	37.5	46.5	37.5
	18	〃	23.8	31.5	31.5	33.0	33.0

これによると，椙木内上面の温度は3年椙の 31.5～49°C に対し，6年椙は 33～51°C と相当高くなっている。椙木内下面の温度は，余り差異はないが，幾分3年椙の方が高く上面の温度とやや反対の傾向を示している。

VI 摘 要

1. 椙木を5月より10月の間（8月を除く）の任意の日に裸地において直射光線に当て，或は地上 1.7 m の位置に簀を張った人工庇陰内（庇陰度 70% 位）において，椙木内温度がどのように変化するかを試験した。

2. 椙木内温度の調査は10時，12時，14時，16時の4回に行ない，調査位置は椙木の上面（陽光直射面）および下面（裏面）でいずれも表面より 1.5 cm の深さに電子温度計 T 40 型の測温抵抗体を挿入して内部温度を測定した。

3. 晴天日の裸地における椙木内上面の温度は，概して6月が最高で，7月がこれに次ぎ9月，5月の順序となり10月には急低下する。時刻別には，10時より上昇して 12 時にほぼ最高温度を示し以後漸次低下する。今5月17日，6月 20 日，7月 20 日，9月 21 日の調査についてみると5月 17 日は 10 時および 16 時に 34～35°C まで低下しているが，大体において 10 時の 44～46.5°C より上昇して 12 時の 45～46.5°C の最高に達し，14 時には 42～45°C（6 月 20 日の 50°C を除く）とやや降り，16 時には 42～43.5°C まで低下する。椙木内下面の温度は上面の温度より著しく低くなるが7月が，最高で，6月がこれに次ぎ，9月，5月はやや低く 10 月には急降する。6月，7月では10時の 32°C 位より上昇して 14 時の 37.5°C の最高に達し以後漸減する。5月，9月には 10 時の 25～29°C より 12 時まで急上昇し，次いで 14 時の 31.7～33°C の最高に達し以後漸減する。

4. 晴天日の裸地における椙木内温度は5月 15 日，7月 16 日，9月 18 日の調査によって見ると，椙木内上面の温度は 20.5～35.2°C で最高はほぼ 14 時に現われる。椙木内下面の温度は 20～31.5°C となり，晴天日の

それに較べ著しく少ない。

5. 人工庇陰内における晴天日の榾木内温度は，5月 17 日，6月 20 日，7月 20 日の調査について見ると，榾木内上面の温度は 22～35°C の範囲であるが，10 時の最低より上昇して 14 時頃最高に達し，16 時頃まで，この温度を維持する。

榾木内下面の温度は 18～32.5°C の範囲であるが，10 時の最低より漸増して 15～16 時頃最高に達する。

6. 榾木を晴天日に庇陰下より裸地に出した場合の榾木内上面の温度の時間的変化は，最初の5分間に温度は急上昇し，以後もやや急速に上昇するが，大体裸地に出してから 30～50 分間でほぼ恒温に達する。

7. 3年榾（原木に接種してから3年目の榾木）と6年榾（接種してから6年目の榾木）を晴天日に裸地に出して榾木内温度の変化を比較すると，榾木内上面の温度は 3 年榾で 31.5～49°C の範囲を示すが，6 年榾は 33～51°C となり，6年榾が相当高くなっている。榾木内下面の温度は3年榾が 31.5～39°C で，6年榾は 33～38°C と余り差異はないが，幾分3年榾の方が高くなる傾向がある。

人工庇陰内におけるシイタケ榾木伏込地の地上高別温湿度の変化について*

松本由友・西尾幸弘

Yoshitomo MATSUMOTO and Yukihiro NISHIO: On the variation of temperature and humidity at different height above the ground in bed-log nursery of *Lentinus edodes* under artificial shade.

I まえがき

シイタケ原木にシイタケ菌糸を繁殖蔓延させる伏込中の環境は，場所によって著しい差異があり，又複雑な環境因子が総合的に影響を与えるため，この解明はなかなか困難であるが，利用上の立場から見ると，主として光線，温度および湿度の関係に要約することができる。

この意味において，庇陰下における温湿度の変化を知ることは，シイタケ栽培技術を理論的に発展させる上に必要な問題であると考えるので，人工庇陰内のシイタケ榾木伏込地において地上高の相違によって起る温湿度の変化を調査研究した。

II 試験地および調査期間

試験地：鳥取市富安 82 の 1，全国椎茸普及会構内。

調査期間：昭和 33 年 6 月より同 34 年 5 月までの 1 カ年間。

III 調査方法

a. 人工庇陰ならびに伏込み原木　人工庇陰は地上 1.7 m の位置に水平に簀を張り，庇陰度を 70% 位に調節する。この庇陰の下に植菌した原木 1,000 本を高さ 100 cm の井桁積にして相接してならべ，列間々隔を 45 cm に取った。

b. 観測器具：温度の測定は板付温度計を用い，湿度の測定は乾湿球湿度計を使用した。

c. 調査方法：人工庇陰内に伏込んだ原木の列間に地上 10 cm，50 cm および 100 cm の 3 カ所に夫々温度計ならびに乾湿球湿度計を設置した。観測は期間中連日午前 9 時に行なった。

IV 調査結果

観測値は月別の平均温湿度と天候の晴天，曇天および雨天の日別に区分してまとめて見た。但し天候別のものは，季別に該当のもの 3 日宛を任意に抽出し，平均したものである。

1. 人工庇陰内伏込場における月別温湿度の変化

観測値を月別にまとめたものは第 1 表の通りである。

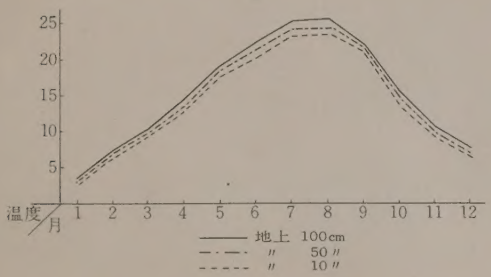
* 菌蕈研究所研究業績，第 10 号 (Contributions from the Tottori Mycological Institute. No. 10).

第1表　人工庇陰内における月別，地上高別温湿度

年度	月別	地上 10 cm		地上 50 cm		地上 100 cm		地上 10 cm と 100 cm との差	
		温　度	湿　度	温　度	湿　度	温　度	湿　度	温　度	湿　度
昭和		°C	%	°C	%	°C	%	°C	%
34	1	2.5	90.2	3.0	84.8	3.5	78.7	1.0	11.5
〃	2	6.5	90.5	6.8	85.2	7.3	81.1	0.8	9.4
〃	3	9.7	79.5	10.0	73.6	10.4	69.0	0.7	10.5
〃	4	13.1	81.0	13.7	73.0	14.5	69.5	1.4	11.5
〃	5	17.8	79.4	18.5	72.0	19.1	68.0	1.3	11.4
33	6	20.3	82.2	21.5	73.6	22.5	69.2	2.2	13.0
〃	7	23.5	89.0	24.4	81.6	25.5	77.5	2.0	11.5
〃	8	23.8	95.2	24.6	88.3	25.7	84.1	1.9	11.1
〃	9	21.3	96.4	21.9	89.3	22.9	84.7	1.6	11.7
〃	10	14.2	96.7	14.8	89.0	15.7	85.4	1.5	11.3
〃	11	9.8	95.5	10.3	88.1	11.0	83.5	1.2	12.0
〃	12	7.0	88.2	7.5	82.0	8.0	76.0	1.0	12.2

地上高の相違による温湿度の変化は，温度と湿度では傾向が相反している。

a. 温　度　第1図の通り月別の平均温度は，1月の最低より，かなりの急カーブを画いて上昇し，6月より上昇率はやや緩慢となり，7～8 月に至って最高に達し，次いで9月はやや緩慢に下降し，以後は 12 月まで急降下する。



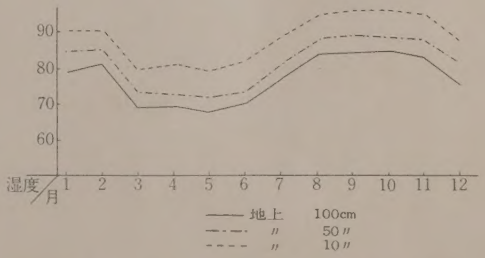
第1図　人工庇陰内における月別，地上高別平均温度

地上よりの高さによる温度の変化は，地上より高くなる程温度は上昇するが，気温の低い時季には，その差が少なく，気温の高い時季には多くなっている。

地上 10 cm と 100 cm の所の温度差を時季別に比較すると，12 月～3 月の間は 0.7～1.0°C，4～5 月および 9～10 月は 1.2～1.6°C，6～8 月は最も多くて 1.9～2.2°C 位に達する。地上 10～50 cm と 50～100 cm の各温度差は前者の 0.3～1.2°C，後者の 0.5～1.1°C と殆んど差異がないので判然としない。

b. 湿　度　月別平均湿度は，第2図の通り 3～5 月の間が最も低く，5月はやや上昇し，6～8月の間は急カーブを画いて上昇する。8～10 月は最高を維持し，11 月に入って下降気味となり，12 月には急降下する。1～2 月は又急上昇して 8～10 月に次いで第2の山をつくり3月に入って急低下している。

地上よりの高さによる湿度の差異は，温度に比較して顕著に現われ，地上高の低くなるほど湿度は著しく増大する。



第2図　人工庇陰内における月別，地上高別平均湿度

地上高 10 cm と 100 cm の間の湿度差は 9.4～13.0% であり，2～3 月の間は低く 9.4～10.5% を示しているが，他の時期は傾向が判然としない。つぎに，地上高 10～50 cm 間と 50～100 cm 間の夫々の湿度差

は前者の 5.3～8.6% に対し後者は 3.5～6.0% で前者の方が差が大きく，地上高が低くなるほど湿度の増加率が高くなる傾向がある。

2. 人工庇陰内の天候の相違による地上高別温湿度の変化

季別に晴天，曇天および雨天の日を任意に夫々3件ずつ選び，各々の平均を求めて第2表に表示した。これは晴曇にもその程度に相違があり，選択日の気象的差異もあるので，選択日数の少ない本調査では，季別の変化は信頼性に乏しく，主として晴曇日の差異に重点をおいた。

第2表 人工庇陰内における季別，天候別温湿度

季別	天候	地上 10 cm		地上 50 cm		地上 100 cm		地上 10 cm と 100 cm との差	
		温度	湿度	温度	湿度	温度	湿度	温度	湿度
		°C	%	°C	%	°C	%	°C	%
1～2月	晴	2.1	84.6	3.4	79.0	4.4	75.6	2.3	9.0
	曇	4.9	86.0	5.3	78.4	5.7	71.0	0.8	15.0
	雨	7.6	100.0	7.7	100.0	7.8	100.0	0.2	0
4～5月	晴	18.5	64.3	19.8	60.6	21.6	57.6	3.1	6.7
	曇	13.0	90.0	13.2	84.0	13.4	80.0	0.4	10.0
	雨	12.3	100.0	12.5	96.6	12.8	92.0	0.5	8.0
7～8月	晴	26.0	87.0	27.1	81.3	28.1	76.6	2.1	10.4
	曇	23.9	99.0	24.6	91.0	25.5	84.0	1.6	15.0
	雨	23.6	100.0	23.3	100.0	23.9	99.3	0.3	0.7
10～11月	晴	14.6	89.0	15.8	82.6	17.1	77.6	2.5	11.4
	曇	11.3	96.3	11.7	89.0	12.4	82.3	1.1	14.0
	雨	11.5	100.0	11.7	97.3	12.0	94.6	0.5	5.4

a. 温　度　人工庇陰内の温度は，地上より高くなるほど上昇しているが，地上 10 cm と 100 cm の高さにおける温度差は 0.2～3.1°C の範囲を示し，晴天の日は，その差が大きくなって 2.1～3.1°C に達し，曇天の日は 0.4～1.6°C，雨天の日は 0.2～0.5°C と次第にその差が小さくなる。地上 10～50 cm 間と 50～100 cm 間のそれぞれの差異は明瞭でなく，季別の差異も判然としない。

b. 湿　度　湿度は温度と反対に地上より高くなるほど，湿度が減少するが，地上 10 cm と 100 cm の高さにおける湿度差は，雨天の日を除いて 6.7～15.0% の範囲となり，晴天の日は 6.7～11.4% と中位の値を示し，曇天の日は 10.0～15.0% と最も大きく，雨天の日は 0～8.0% と最も少ない。

財団法人全国椎茸普及会菌蕈研究所研究報告　第1号

昭和 36 年 11 月 10 日　印　刷　　頒布価　400 円
昭和 36 年 11 月 15 日　発　行

編集兼発行者　財団法人　全国椎茸普及会菌蕈研究所
鳥取市富安 82-1

印刷所　(株)笠井出版印刷社

印刷者　笠井武千代
東京都港区芝南佐久間町 1-53